

## Pedalaro in acqua: Cicloergometri e Hydrobike

Francesco Giacomini<sup>1-3</sup>, Franca Colasanti<sup>1</sup>, Francesco Lucertini<sup>1</sup>, Giorgio Gatta<sup>2</sup>, Massimiliano Ditroilo<sup>1</sup>, Piero Pigliapoco<sup>3</sup>, Piero Benelli<sup>1-3</sup>

<sup>1</sup>Istituto di Ricerca sull'Attività Motoria, Università degli Studi di Urbino "Carlo Bo"

<sup>2</sup>Facoltà di Scienze Motorie, Università degli Studi di Bologna

<sup>3</sup>Water Lab (www.waterlab.it)

### ***Riassunto***

Lo sviluppo di nuove attività acquatiche che vengono praticate da larghe fasce di popolazione nelle piscine ha stimolato l'attenzione non solo degli operatori del settore ma anche di ricercatori e studiosi, con il fine comune di comprendere effetti ed adattamenti fisiologici di tali tipologie di esercizio e di fornire indicazioni adeguate per la costruzione di protocolli di lavoro specifici.

In questo articolo vengono affrontate queste problematiche in relazione all'esercizio in acqua di pedalata, in particolare attraverso l'utilizzo di attrezzature specifiche (hydrobikes, qui definite come water stationary bike) particolarmente diffuse nel mondo attuale delle piscine.

Dopo una revisione generale della letteratura scientifica (lavori essenzialmente riferiti allo studio dell'esercizio in acqua con cicloergometri adattati) vengono riportate recenti ricerche che fanno riferimento all'utilizzo di vari tipi di hydrobike, e ne vengono analizzati alcuni effetti fisiologici. Ulteriori ricerche nel settore (di cui vengono tracciati i possibili contenuti) potranno portare alla possibilità di avere indicazioni sempre più precise sul tipo di lavoro svolto e sugli effetti dello stesso in relazione alle caratteristiche dei soggetti e all'attrezzo utilizzato.

### ***Premessa***

Negli ultimi venti anni la pratica motoria in acqua, al di fuori delle discipline acquatiche tradizionali e codificate, ha conosciuto una grande evoluzione: gli spazi d'acqua non sono solo ad uso e consumo di chi nuota, ma anche di chi ama muoversi in immersione, in verticale, con diverse attrezzature, unendo alla sensazione di leggerezza quella di un movimento gradevole e facilitato.

L'ambiente acquatico con le sue particolari caratteristiche (situazione antigravitaria, resistenza del mezzo all'avanzamento, pressione idrostatica che aumenta con la profondità), risulta un luogo ideale per svolgere attività diversificate e modulabili; gli adattamenti fisiologici conseguenti permettono un coinvolgimento di larghe fasce di popolazione con l'obiettivo di raggiungere un adeguato livello di fitness, di incrementare il benessere psicofisico e in alcuni casi di recuperare le normali capacità fisiologiche.

Inoltre l'evoluzione tecnologica con l'utilizzo di attrezzature specifiche, associate a quella che è stata definita da alcuni una diversa "cultura dell'acqua", hanno portato alla codificazione di nuove attività estremamente specifiche e diversificate tra loro.

La possibilità di differenziare le proposte, variando la profondità di immersione, la temperatura dell'acqua, l'appoggio sul fondo della piscina, l'utilizzo di flussi o getti d'acqua e quello di attrezzature specifiche, ampliano le modalità di organizzazione degli obiettivi e dei contenuti della attività.

Negli ultimi tempi si stanno diffondendo attrezzature specifiche che si richiamano però a strumenti equivalenti già utilizzati da lungo tempo a secco; in particolare ci riferiamo alle biciclette stazionarie, comunemente conosciute come hydrobike (che possiamo, generalizzando, definire Water Stationary Bikes - WSB - ossia biciclette acquatiche stazionarie), rapportabili in qualche modo alle biciclette indoor (spinner® e simili) usate nelle proposte di fitness e training in palestra

con grande successo (spinning), e ai treadmill (nastri trasportatori o tapis roulant) acquatici, rapportabili (con le dovute differenziazioni) ai treadmill da palestra.

Queste attrezzature sono ormai di largo utilizzo nel mondo dell'attività motoria in acqua, essendo utilizzate sia nei programmi per la riabilitazione, sia nelle proposte del fitness acquatico, sia in protocolli di allenamento più o meno specifici (cross-training, allenamento alternativo, allenamento complementare, allenamento di gruppi specifici di popolazione come ad es. la terza età, etc.).

Vista tale ampia diffusione si rende necessaria a nostro parere una analisi più attenta delle caratteristiche delle attrezzature e degli effetti prodotti dalle attività in questione, dato che è ormai assodato che tutti i movimenti in acqua implicano modificazioni di carattere fisiologico e metabolico, oltreché neuromuscolare, che li rendono differenti rispetto agli stessi movimenti effettuati sulla terraferma, e questo ovviamente vale anche per la pedalata e la camminata.

In questa breve rassegna faremo riferimento alle principali conclusioni delle pubblicazioni e delle ricerche scientifiche sull'attività di pedalata in acqua con diverse tipologie di attrezzature, dai cicloergometri alle biciclette in immersione.

## ***1. La pedalata in acqua***

Nella letteratura scientifica vi sono numerosi lavori che analizzano gli effetti, prevalentemente dal punto di vista fisiologico-metabolico, della pedalata in immersione effettuata su cicloergometri di vario tipo, più o meno adattati all'utilizzo in ambiente acquatico, utilizzati in linea di massima in laboratorio. Cercheremo di riportare alcuni dei risultati che sono di maggior interesse, relativamente a indici conosciuti ed utilizzati nell'ambito del fitness e dell'esercizio acquatico come il consumo di ossigeno ( $VO_2$ ) e la frequenza cardiaca (HR), anche in relazione a un parametro fondamentale come la temperatura dell'acqua ( $t_{H_2O}$ ). Tralascieremo altri aspetti dell'esercizio in immersione dal punto di vista ormonale e renale che, pur importanti ed interessanti dal punto di vista scientifico, esulano dagli scopi di questo lavoro.

### ***2.1. Cicloergometri modificati per l'esercizio in acqua***

Come accennato alcuni ricercatori hanno proposto l'utilizzo di cicloergometri, più o meno modificati, per la misurazione di alcuni parametri metabolici e biomeccanici in acqua.

Morlock e Dressendorfer (1) trovarono un alto indice di correlazione ( $r^2 > 0,99$ ) tra il  $VO_2$  (l/min) e la frequenza di pedalata al minuto (revolutions per minute = rpm) in 6 soggetti durante l'esercizio, in immersione fino al collo su un cicloergometro Monark a cui era stata tolta la cinghia di frizione. Gli autori proposero l'equazione  $VO_2$  (l/min) =  $0,274 + 0,000008rpm^3$  per frequenze di pedalata da 10 ad 80 rpm.

Saphiro e coll. (2), oltre alla rimozione della cinghia di frizione, hanno modificato il volano di un cicloergometro Monark con alette (fins) metalliche (da 1 a 6) così da consentire un aumento della resistenza alla pedalata e quindi del  $VO_2$ , mantenendo un range tra 29 e 40 rpm. Secondo gli autori tale metodo consentiva di raggiungere  $VO_2$  analoghi a quelli dello studio di Morlock e di effettuare un esercizio di lunga durata (1 ora) senza dover raggiungere rpm elevate.

Sogabe et al. (3) hanno realizzato un cicloergometro per l'esercizio in immersione, in posizione semisdraiata, unendo direttamente alle pedivelle alette di varie dimensioni. A seconda dell'intensità il  $VO_2$  si collocava tra gli 0,4 e i 2 l/min. Anche in questo lavoro viene evidenziato come, nell'esercizio prolungato in acqua, sia più adeguata una frequenza di pedalata non troppo elevata, tra 20 e 60 rpm, rispetto a quelle normalmente utilizzate a secco ( $\approx 80$ ).

A proposito della calibrazione degli ergometri, cioè della quantificazione del carico di lavoro è opportuno notare che i precedenti lavori sono concordi sul fatto che, per gli ergometri descritti, sia possibile unicamente una "calibrazione biologica", ancorché precisa e attendibile, cioè basata sui dati ottenuti empiricamente in termini di dispendio energetico, in quanto il lavoro meccanico esterno effettivo è praticamente impossibile da calcolare.

Più recentemente Chen et al. (4) hanno realizzato un attrezzo composto da 2 cicloergometri, uno immerso in acqua e l'altro posto esternamente, connessi tra loro in maniera tale da poter confrontare le risposte alla pedalata in immersione e a secco contro la resistenza regolabile del cicloergometro esterno. Fino a 60 rpm non sono state riscontrate differenze, dovute all'immersione, nel  $\text{VO}_2$  e nella HR tra l'esercizio in acqua e a secco, mentre la resistenza del fluido potrebbe influire a rpm più elevate (tra 80 e 100). Gli autori riportano un minor rendimento sia in acqua che a secco in posizione semisdraiata rispetto all'esercizio tradizionale in posizione seduta a busto eretto. Altri autori, come vedremo hanno semplicemente utilizzato strumentazioni "terrestri" apportando alcune modifiche meno rilevanti (ad esempio rendendo stagna la componentistica elettronica). Le conclusioni di queste ricerche, importanti dal punto di vista dell'approccio scientifico alle problematiche in questione e utili per alcune indicazioni sugli adattamenti del nostro organismo nell'attività motoria specifica in acqua, non sempre risultano applicativi essendo comunque basati su attrezzature e strumentazioni da laboratorio, con situazioni spesso non riproducibili sul campo. Gli studi riferiti nei prossimi paragrafi (2.2 e 2.3) riportano invece a nostro parere risultati che possono essere molto utili ai ricercatori ma soprattutto agli operatori del settore per la proposta di attività specifiche in relazione ad alcuni parametri relativi agli aspetti fisiologici (es. frequenza cardiaca, consumo di ossigeno, composizione corporea) e alle condizioni ambientali (es. temperatura dell'acqua).

## 2.2. *Effetti acuti della pedalata in acqua*

Craig e Dvorak (5) studiarono 10 soggetti durante esercizio (che comportava anche l'utilizzo delle braccia) di un'ora in immersione a testa fuori a diverse temp  $\text{H}_2\text{O}$ , tra i 24° e i 35°. La frequenza di pedalata e di movimento delle braccia era di 30 rpm. Il  $\text{VO}_2$  risultò significativamente maggiore a temp  $\text{H}_2\text{O}$  di 24° rispetto a quelle superiori. In questo caso, data la bassa intensità di esercizio con  $\text{VO}_2$  tra 0,70 e 0,92 l/min, gli autori attribuirono più elevato dispendio energetico all'effetto della contrazione muscolare dovuta ai brividi, piuttosto che ad un effettivo maggior coinvolgimento della massa muscolare implicata nella pedalata.

Utilizzando lo stesso tipo di esercizio dello studio precedente, con il coinvolgimento anche delle braccia, McArdle e coll. (6) riscontrarono, tra esercizio a secco ed in immersione a temp  $\text{H}_2\text{O}$  di 33° valori di  $\text{VO}_2$  simili, mentre in immersione a 25° e a 18° rispettivamente del 9% e del 25.3% superiori. La HR risultava inferiore alle temperature più basse, ma compensata da un' aumentata gittata sistolica.

Costill (7) condusse uno studio per comparare le richieste metaboliche ( $\text{VO}_2$ , HR e rendimento meccanico) della pedalata a secco ed in immersione ad una temp  $\text{H}_2\text{O}$  di circa 25°. Venne utilizzato un cicloergometro Monark modificato, con il volano connesso ai pedali di una struttura immersa in acqua. Il protocollo di esercizio prevedeva che i soggetti pedalassero ad una frequenza di 50 rpm per 3 prove di 5 minuti a carichi di lavoro di 450, 600 e 900 kpm/min (rispettivamente circa 73, 98 e 147 watt) e per una quarta prova massimale di almeno 3 minuti. Ogni prova venne effettuata in 4 condizioni diverse: a secco in posizione verticale e prona; in immersione, a testa fuori, in posizione prona e supina. In sintesi i risultati mostrarono una capacità di lavoro massimale inferiore in acqua, in un range dal 66,7 al 71,4% rispetto a quella a secco. Tale differenza fu imputata alla resistenza dell'acqua.

Nelle prove sub-massimali il  $\text{VO}_2$ , la HR e il costo energetico (tra il 33 ed il 42%) risultarono essere significativamente più elevati nelle condizioni di immersione a tutte le intensità di lavoro. Il rendimento meccanico, influenzato dalla resistenza dell'acqua, fu calcolato essere inferiore in immersione tra il 4,0 ed il 5,7%.

In uno studio di Denison e coll. (8) sugli effetti dell'esercizio in immersione completa si riscontra che per intensità moderate, con  $\text{VO}_2$  tra 0,2 e 2,0 l/min, nella pedalata in immersione, con il capo sott'acqua, in posizione supina (temp  $\text{H}_2\text{O} \approx 35^\circ$ ), vi è un aumento del 10% della HR e degli output cardiaci rispetto a quella secco.

Dressendorfer et al. (9) hanno comparato un esercizio massimale al cicloergometro (Monark modificato) a secco ed in immersione fino al collo, con il busto inclinato in avanti e l'acqua al mento in una posizione da "gara", a 3 diverse temperature dell'acqua, 25°, 30° e 35°. Il VO<sub>2</sub>max non è risultato significativamente diverso tra le 4 condizioni. La HR, invece, non ha mostrato differenze tra l'esercizio a secco e quello in immersione a 35°, ma è risultata inferiore di 8 bpm (5%) a 30° e di 15 bpm (9%) a 25°.

Israel et al. (10) hanno evidenziato come temp H<sub>2</sub>O tra i 21° ed i 25° abbiano limitato l'aumento della temperatura corporea in soggetti che pedalavano in immersione per 30', a 50 rpm, ad intensità intorno al 60% del VO<sub>2</sub>max; secondo gli autori t H<sub>2</sub>O superiori ai 29° sono consigliate solo per esercizi ad intensità molto blande.

Sheldal e coll. (11) non hanno riscontrato differenze significative nella HR tra esercizio al cicloergometro a secco ed in acqua a testa fuori a livelli di sforzo moderati fino a 1,8 l/min VO<sub>2</sub>. La HR è risultata significativamente più bassa (circa 10 bpm) per VO<sub>2</sub> oltre i 2,4 l/min. In un successivo lavoro lo stesso gruppo di ricercatori (12) ha confermato che l'HR in acqua tende ad essere inferiore solo per livelli di esercizio elevati e quindi ha ipotizzato che lo stress cardiaco possa essere maggiore in acqua che a secco poiché, a fronte di un aumento della gittata sistolica non si ha una proporzionale diminuzione della HR ad intensità di esercizio basse e moderate.

Christie e coll. (13) hanno comparato gli effetti della pedalata in acqua e a secco al 40, 60, 80 e 100% del VO<sub>2</sub>max, in 10 soggetti, immersi fino al manubrio sternale (temp H<sub>2</sub>O≈34°). L'esercizio in immersione fu eseguito in un range da 40 a 60 rpm, su un cicloergometro Monark modificato. Anche i risultati di questo studio evidenziarono HR significativamente inferiori in acqua solo ai carichi di lavoro più alti, rispettivamente meno 12 battiti al minuto (bpm) all'80% e meno 7 bpm al 100% del VO<sub>2</sub>max.

A conferma dello studio precedente Matsui et al. (14) hanno confrontato VO<sub>2</sub> e HR di 7 soggetti a 60 rpm, a secco ed in immersione tra l'ombelico e lo xifoide (temp H<sub>2</sub>O≈28°), non trovando differenze significative anche se la HR era leggermente inferiore in acqua.

Una ricerca condotta su donne in gravidanza da McMurray et al. (15) ha evidenziato che 20 minuti di esercizio su cicloergometro (come visto in Morlock) in immersione a livello dello xifoide provocava una frequenza cardiaca significativamente più bassa rispetto allo stesso esercizio a secco (132±4 vs 149±6 bpm; p<0,05). Il livello di intensità era del 60% del VO<sub>2</sub>max misurato a secco, in un range tra 45 e 62 rpm. Gli autori suggeriscono, qualora si utilizzassero le formule standard per il calcolo della HR di allenamento, di considerare circa 15 bpm in meno nell'esercizio in acqua (quantomeno in riferimento a soggetti in gravidanza), rispetto alla frequenza per il lavoro a secco.

Brechat e coll. (16) hanno rilevato, su 9 soggetti, come, per pedalare sul medesimo cicloergometro al 60% del VO<sub>2</sub>max a secco ed in acqua, in immersione allo xifoide, sia stato necessario ridurre significativamente il carico nella condizione di immersione (da 121±32 W a secco a 69±20 W in acqua). Nel medesimo studio è stato anche riscontrato che per un carico di 122 W il VO<sub>2</sub> a secco corrispondeva 2,210±300 ml/min mentre quello in acqua a 2,868±268 ml/min (circa il 25% di differenza).

Perini e coll. (17) hanno condotto uno studio in cui i soggetti pedalavano per 6 minuti, a secco e immersi fino al mento, da 20 a 60 rpm senza carico e a 60 rpm con carichi di 50, 125 e 175 W; inoltre veniva effettuata una prova ad esaurimento con incrementi di 50 w ogni 5 minuti. I risultati hanno mostrato valori di VO<sub>2</sub>max simili con linee di tendenza analoghe nelle due condizioni. La HR incrementava linearmente con il consumo di ossigeno sia a secco che in acqua ma risultava più bassa in acqua di circa 11 bpm al massimo sforzo. Gli autori affermano sulla base dei loro risultati che, contrariamente a ciò che avviene a riposo, le differenze di HR tra l'esercizio a secco ed in acqua non siano da attribuire a fattori relativi alla redistribuzione del circolo sanguigno ed all'aumentato ritorno venoso, anche se non vengono evidenziate altre ipotesi sicure.

Secondo Yun et al. (18) nell'immersione a testa fuori, ad intensità moderate di esercizio, circa 100 W a 45 rpm, l'aumento della portata cardiaca (cardiac-output - CO) è dovuta ad un marcato aumento della gittata cardiaca piuttosto che a variazioni della HR.

Molto recentemente Almeling et al. (19) hanno comparato l'esercizio al cicloergometro a secco e in immersione completa, con autorespiratore, allo scopo di validare una metodica di test per sommozzatori. Pur trovando una buona correlazione tra capacità di sforzo in aria e in acqua, è risultato che la capacità di lavoro nell'immersione completa è minore del 50% circa rispetto a quella a secco (Tab. 1).

Tipo di studio	Autore	Risultati
Effetti t H <sub>2</sub> O	Craig 1968	VO <sub>2</sub> ↑ A 24° vs A 35°
	McArdle 1976	HR ↓ A 25° ↓↓ A 18° vs A 33° e S      VO <sub>2</sub> ↑ A 25° ↑↑ A 18° vs A 33° e S
	Dressendorfer 1976	HR ↓ -5% A 30° ↓↓ -9% A 25°      VO <sub>2</sub> max = a t diverse
	Israel 1989	t corporea aumenta poco a t H <sub>2</sub> O 21° e 25° ; sconsigliate t H <sub>2</sub> O troppo alte
Effetti Immersione	Costill 1971	HR ↑ A per = carico esterno      VO <sub>2</sub> ↑ A per = carico esterno
	Denison 1972	HR ↑ A per = VO <sub>2</sub>
	Sheldal 1984-1987	HR = A e S a basse intensità di lavoro; ↓ A (- 10 bpm ≈) ad intensità elevate
	Christie 1990	HR ↓ A: - 12 bpm a 80% e - 7 bpm a 100% VO <sub>2</sub> max
	Matsui 1999	HR ↓ A vs S, non sig.
	McMurray 1988	HR ↓ A vs S (- 15 bpm ≈), sig. (su donne in gravidanza)
	Brechat 1999	VO <sub>2</sub> ↑ A vs S (+ 25%); Carico ↓ A per = VO <sub>2</sub>
	Perini 1998	HRmax ↓ -11 bpm A
	Yun 2004	HR = A e S a basse intensità di lavoro
	Almeling 2006	Nell'immersione completa la capacità di lavoro si riduce del 50%

Legenda: VO<sub>2</sub> = consumo di ossigeno; HR = Frequenza cardiaca; A = in acqua; S = a secco; sig. = significativo

**Tab. 1:** Effetti acuti nell'esercizio su cicloergometro in acqua

### 2.3. Effetti cronici della pedalata in acqua

Per ciò che concerne gli adattamenti all'esercizio continuato (Tab. 2) Sheldal et al. (20) hanno dimostrato che un esercizio di 90 minuti, 5 volte alla settimana, per 8 settimane su cicloergometro in immersione a testa fuori non ha portato a significative modificazioni del VO<sub>2</sub>max né a riduzioni di peso e di massa grassa in gruppo di donne obese, con body mass index > 30%. Ciò malgrado la temp H<sub>2</sub>O fosse molto bassa, mediamente tra i 17° ed i 22°. Gli autori suggeriscono però che il livello di intensità, tra il 30% ed il 40% del VO<sub>2</sub>max non fosse sufficiente per produrre adattamenti significativi, considerando anche la ridotta durata dello studio e il fatto che i soggetti non fossero sottoposti ad un regime dietetico controllato.

Avellini et al. (21) hanno condotto uno studio in cui tre gruppi di soggetti si sono allenati al cicloergometro, con sedute di 1 ora per 5 giorni alla settimana per un mese, rispettivamente a secco, in acqua al collo a 32° e a 20°. L'intensità di lavoro era circa il 75% del VO<sub>2</sub>max (misurato a secco) e la HR risultava essere inferiore di 20 bpm in acqua a 20° (differenza statisticamente significativa) e di 10 bpm in acqua a 32° (differenza non significativa ma comunque da sottolineare) rispetto alla condizione a secco. Alla fine del periodo di allenamento i tre gruppi hanno mostrato incrementi significativi del VO<sub>2</sub>max rispetto al valore pre-training, rispettivamente del 15,9% per l'esercizio a secco, del 12,9% e del 15% per quelli in acqua a 32° e 20°. Benché tali risultati non indichino differenze statisticamente significative nelle diverse situazioni gli autori affermano che la modalità di esercizio in acqua fredda può essere efficacemente utilizzata per il miglioramento delle capacità aerobiche con minori stress cardiovascolari rispetto al medesimo esercizio effettuato a secco.

Ancora Sheldal et al.(22) hanno riscontrato che un periodo di allenamento (12 settimane) di tipo aerobico a secco ed in acqua su cicloergometro (Monark), ad intensità del 60% e 80% del VO<sub>2</sub>max produceva analoghi adattamenti nell'andamento della gittata sistolica, della HR e del VO<sub>2</sub>max.

Sempre nell'ambito dell'allenamento di resistenza aerobica (endurance) Young e coll. (23) hanno comparato, in 2 gruppi di 9 soggetti, gli adattamenti al medesimo tipo di esercizio svolto pedalando a 40 rpm, per 8 settimane, 5 volte alla settimana per 60 minuti ad una intensità del 60% del

VO<sub>2</sub>max, in immersione fino al collo, in acqua a 35° e 20°. Entrambi i gruppi mostrarono incrementi significativi del VO<sub>2</sub>max e del peso corporeo ma nessuna variazione nella percentuale di massa grassa (FAT %), solo il gruppo che si era allenato in acqua calda mostrò anche una significativa diminuzione della somma delle pliche corporee. Durante il periodo di allenamento la HR era di circa 27 bpm più alta nel gruppo in acqua calda. In generale gli autori concludono di non avere riscontrato differenze sostanziali nelle 2 diverse condizioni di allenamento.

Autore	Tipo di studio	Risultati
Sheldal 1982	Donne obese; 90' al g., 5 g. sett. per 8 sett.; t H <sub>2</sub> O 17°-22°; 30%-40% VO <sub>2</sub> max	Nessuna variazione Pre- Post-: = VO <sub>2</sub> max; = Peso; = Fat %
Avellini 1983	3 gruppi sogg.; 60' al g. 5 g. sett. per 4 sett.; S e A al collo, t H <sub>2</sub> O 20°-32°; 75% VO <sub>2</sub> max	HR ↓ nel lavoro A vs S, -20 bpm a 20° sig., -10 bpm a 32° non sig.; Variazione Pre- Post-: analoghi miglioramenti nelle 3 condizioni
Sheldal 1986	2 + 1 (controllo) gruppi sogg.; 30' al g., 3 g. sett. per 12 sett.; t H <sub>2</sub> O 31°; 60%-80% VO <sub>2</sub> max	HR ↓ A 80% VO <sub>2</sub> max; Variazione Pre- Post-: GS ↑, HR ↓, VO <sub>2</sub> max ↑ sia A che S; no differenze nel gruppo di controllo
Young 1995	2 gruppi sogg.; 60' al g. 5 g. sett. per 8 sett.; A al collo, t H <sub>2</sub> O 20°-35°; 60% VO <sub>2</sub> max	HR ↑ + 27 bpm A 35°; Variazione Pre- Post-: Peso ↑, VO <sub>2</sub> max ↑, Fat% =, SSKF ↓ A 35°

Legenda: VO<sub>2</sub> = consumo di ossigeno; HR = Frequenza cardiaca; A = in acqua; S = a secco; sig. = significativo, GS = Gittata Sistolica, Fat% = percentuale grasso corporeo; SSKF = somma delle pliche corporee

**Tab. 2:** Effetti cronici nell'esercizio su cicloergometro in acqua

## 2. *Biciclette Acquatiche Stazionarie – WSB*

La diffusione di nuove tipologie di biciclette per le attività acquatiche, soprattutto nelle proposte di fitness (sulla falsariga del successo dello spinning terrestre), rende gli studi precedenti sicuramente utili come riferimento (identica attività motoria e stesso gesto tecnico), ma sicuramente da riverificare e rivalutare data le diverse caratteristiche degli attrezzi utilizzati.

Esistono attualmente sul mercato, e quindi disponibili nelle piscine e nei centri sportivi polifunzionali che propongono questo tipo di esercizio, almeno una dozzina (ma sono in continua crescita) di diversi modelli di WSB di vari produttori specializzati. L'attrezzo consiste in un telaio rigido in acciaio Inox o simili, mutuato dalla concezione delle bici stazionarie di uso "terrestre", solitamente regolabile in altezza tramite steli di sostegno telescopici. Il sellino in materiale plastico ed il manubrio in metallo nudo o rivestito in plastica sono, di solito, anche essi regolabili sia in senso verticale che orizzontale.

Ciò che cambia radicalmente, rispetto alle attrezzature di uso terrestre, è la modalità di produzione della resistenza durante l'azione della pedalata. Le bikes indoor analogamente a quanto avviene per le biciclette da strada sono munite di un movimento centrale con corona dentata che, tramite una catena, trasmette la spinta effettuata sui pedali ad un volano (di peso intorno ai 20 kg), a "scatto fisso" o munito di "ruota libera". Un sistema meccanico a frizione regola l'attrito sul volano stesso aumentando o diminuendo la resistenza al movimento e, di conseguenza, lo sforzo necessario per compiere la pedalata. La regolazione dell'attrito sul volano, benché graduabile, non consente di determinare, sulla maggior parte dei modelli, l'effettivo carico di lavoro. Ovviamente, per quello che riguarda la pedalata a secco, la quantificazione del carico di lavoro è possibile su cicloergometri meccanici (ad es. Monark) o elettromagnetici, reperibili nelle palestre o nei centri di medicina dello sport o di cardiologia. Inoltre è possibile, ed è stato realizzato anche in studi scientifici (24), equipaggiare le bikes indoor con sistemi comunemente in commercio, anche se piuttosto costosi, in grado di misurare, tramite estensimetri (strain gauges) posti nel movimento centrale, il carico di lavoro in watt o in kgm (ad es. SRM® Training System).

Nelle SWB attualmente in commercio la resistenza al movimento può essere data: 1) da appendici, più o meno ampie, poste sotto il pedale o integrate con esso (ad es. O'Keo, Jad, H2Ofit, etc.) quindi da elementi posizionati esternamente o "periferici" rispetto al movimento centrale e solidali con il movimento del piede; 2) da appendici, di forme e superfici varie, connesse con il movimento

centrale, a pale (Waterfly), a bicchierini (H3Oz), a cucchiai (Hydrorider) cioè da elementi posizionati all'interno o "centrali"; 3) dalla combinazione dei precedenti sistemi (Hydrorider + resistance kit). Quanto sopra per proporre una tipizzazione generale visto che negli ultimi tempi sono apparsi anche attrezzi che combinano sistemi diversi come pale e freni meccanici (Aquatix Bike Superior di Aquatix) o regolatori di flusso dell'acqua (Nettuno Plus di Dinamica). Mentre i sistemi a resistenza "periferica" non offrono possibilità di regolazione durante l'utilizzo (bisognerebbe sostituire completamente i flap con altri più grandi o più piccoli), quelli a resistenza centrale consentono di variare la lunghezza del braccio di leva, allontanando o avvicinando la superficie di attrito al fulcro del movimento (ad es. H3Oz, Hydrorider) o di modificare l'angolo di incidenza con l'acqua (Waterfly) in maniera, se non immediata, quanto meno piuttosto rapida (anche se è sempre necessario interrompere l'azione di pedalata per poter intervenire sul sistema). Oltre, alla resistenza alla pedalata dovuta alle specifiche caratteristiche dei vari attrezzi, è necessario considerare anche l'effetto non trascurabile dell'attrito che l'acqua esercita sulle gambe in movimento del soggetto che va a sommarsi a quello prodotto dal sistema resistivo dell'attrezzo. Ricordiamo che l'attrito (Drag - D) è uguale a (in Newton - N)  $\frac{1}{2} \rho_t C_X V^2 A_t$  (25), dove, nel nostro caso:  $\rho_t$  = densità del fluido ( $\text{kg/m}^3$ );  $C_X$  = coefficiente adimensionale di attrito (o  $C_d$ );  $V$  = velocità dell'oggetto (m/sec);  $A_t$  = proiezione della superficie frontale ( $\text{m}^2$ ) combinata degli arti e delle parti mobili dell'attrezzo. Tendenzialmente, come in Morlock (1), è possibile assumere che, anche nell'esercizio su WSB, restino invariati  $\rho_t$  (la densità dell'acqua può variare per effetto di temperatura e pressione ma di solito viene considerata 1000 per approssimazione) e  $C_X$  che può essere considerato sempre il medesimo (per uno stesso soggetto sullo stesso attrezzo). Se non viene modificata  $A_t$  risulta evidente che l'aumento o la diminuzione della resistenza e quindi del carico di lavoro avvengono agendo sull'unico parametro variabile cioè  $V$ . La velocità, espressa in rpm, del movimento è quindi determinante nel graduare l'intensità del carico nell'esercizio su WSB. Oltre a quanto detto sopra è necessario considerare l'altezza dell'acqua in cui viene effettuato l'esercizio su WSB; i parametri fisiologici ma anche quelli biomeccanici possono variare a seconda che i soggetti siano immersi fino alle anche, fino allo sterno o fino alle ascelle. Come è noto, per effetto della temperatura e della pressione, nell'immersione più o meno profonda tende a modificarsi la distribuzione del circolo ematico (blood shift toracico) con effetti sui volumi polmonari statici, sul volume sistolico e sulla HR. Inoltre i vortici creati dalle gambe e dai sistemi resistivi delle SWB potrebbero avere effetti diversi sulla resistenza totale al movimento se questo avviene più o meno vicino alla superficie dell'acqua; infatti, la frazione di drag dovuta allo spostamento dell'acqua, il cosiddetto drag d'onda, tende a diminuire con l'aumentare della profondità (26).

### **3.1. Studi recenti sugli effetti dell'esercizio su WSB**

Malgrado la già accennata sempre crescente diffusione delle WSB, in Italia ed all'estero, nelle piscine e nei centri fitness o di riabilitazione, esiste poco o nulla in letteratura sullo studio degli effetti fisiologici, metabolici e biomeccanici acuti o cronici dell'esercizio effettuato su tali attrezzi. Sono apparsi sovente negli ultimi anni articoli e pubblicazioni a carattere divulgativo (27,28) sulle caratteristiche e sui benefici dell'esercizio su WSB o sulla descrizione delle modalità di utilizzo delle bikes o della conduzione delle lezioni ma non esistono studi pubblicati su riviste scientifiche indicizzate.

Molto recentemente, nell'ambito del 12<sup>th</sup> Annual Congress of the European College of Sport Sciences (Jyvaskyla, Finlandia, 11-14 Luglio 2007, sono stati presentati i dati relativi a 2 studi preliminari, entrambi realizzati nel nostro paese, sugli effetti dell'esercizio su diversi modelli di WSB (Tab. 3). Piacentini e coll. (29) hanno confrontato i valori di  $\text{VO}_2$ , di HR e la produzione di lattato (La) in sei soggetti (età media  $27 \pm 2,5$  anni) che hanno pedalato per 4 periodi di 5' a 45, 60, 75 e 90 rpm su tre diversi modelli di WSB (Jad, Hydrorider, Dinamica). Non sono emerse differenze significative nelle risposte fisiologiche in relazione al tipo di WSB utilizzato. Il  $\text{VO}_2$  e la

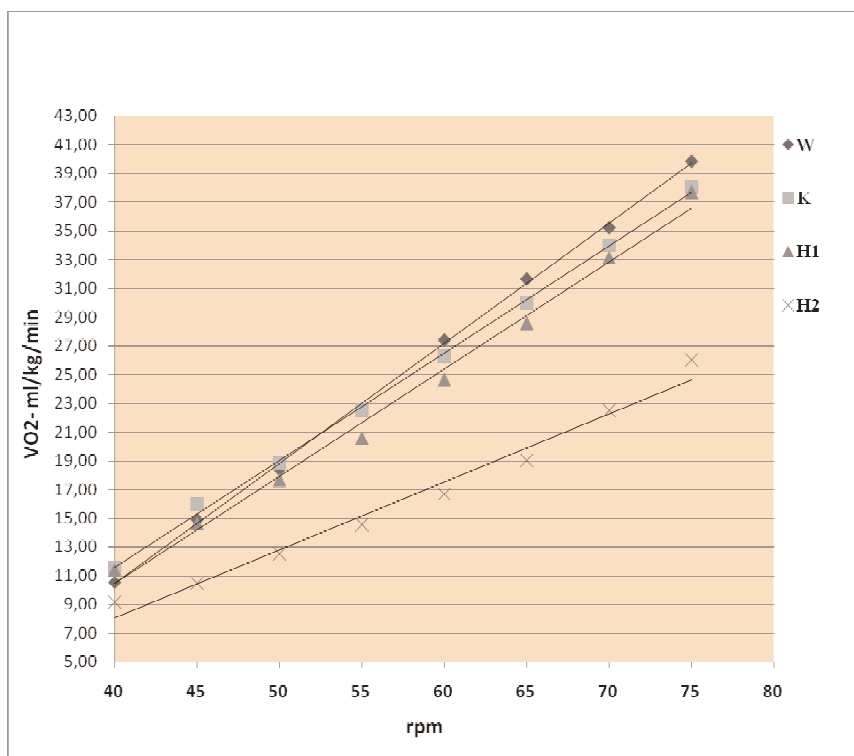
HR hanno mostrato incrementi significativi con l'aumento dell'intensità, rispettivamente in un range tra il  $26\pm 1\%$  e  $89\pm 6\%$  del  $VO_2\max$  ed tra il  $52\pm 1\%$  e  $87\pm 1\%$  della  $HR\max$  da 45 a 90 rpm. Il La è risultato di  $1,7\pm 0,1$ ,  $1,7\pm 0,2$ ,  $2,7\pm 0,2$  e  $6,7\pm 0,7$  mM/l alle diverse intensità. In riferimento alle linee guida dell'ACSM gli autori suggeriscono che, per soggetti giovani, moderatamente allenati, carichi di lavoro da 45 a 60 rpm siano da considerare moderati, da 60 a 75 rpm tra moderati e intensi, da 75 a 90 rpm intensi e, oltre 90 rpm molto intensi (ovviamente in riferimento agli attrezzi utilizzati).

Giacomini e coll. (30) hanno comparato il  $VO_2$  e la HR di 16 soggetti (9 maschi,  $31,2\pm 7,8$  anni e 7 femmine  $31,3\pm 6,2$  anni) su 4 modelli diversi di SWB: 1) Waterfly - W, 2) Keo Aquabike basic - K, 3)-4) Hydrorider Aqua bike professional con Adjunctive Resistance Kit -H1 o senza tali elementi applicati ai pedali -H2. Tutte le bike sono state regolate in modo da ottenere il massimo drag possibile. I soggetti, con l'acqua alle anche (quindi con il torace emerso) hanno eseguito su tutte le SWB un esercizio incrementale pedalando per 8 step di 2' da 40 a 75 rpm, incrementando l'intensità di 5 rpm ad ogni step, con la guida di un metronomo. A 75 rpm il  $VO_2$  e la HR medi sono risultati rispettivamente  $39,82\pm 3,84$  ml/kg/min e  $167\pm 18$  bpm su W,  $38,08\pm 4,47$  e  $162\pm 15$  su K,  $37,67\pm 4,83$  e  $161\pm 17$  su H1,  $25,96\pm 5,51$  e  $132\pm 22$  su H2. Il confronto tra le pendenze delle rette di regressione ottenute per i diversi attrezzi (Fig.1 e Fig. 2) ha mostrato che non vi sono differenze significative tra W, K ed H1 nell'andamento dei parametri considerati.  $VO_2$  ed HR sono risultati, invece, significativamente inferiori ( $p < 0,005$ ) su H2 rispetto a tutte le altre SWB. In conclusione quindi, l'intensità dello sforzo, a parità di rpm, può risultare diversa a seconda dell'attrezzo utilizzato.

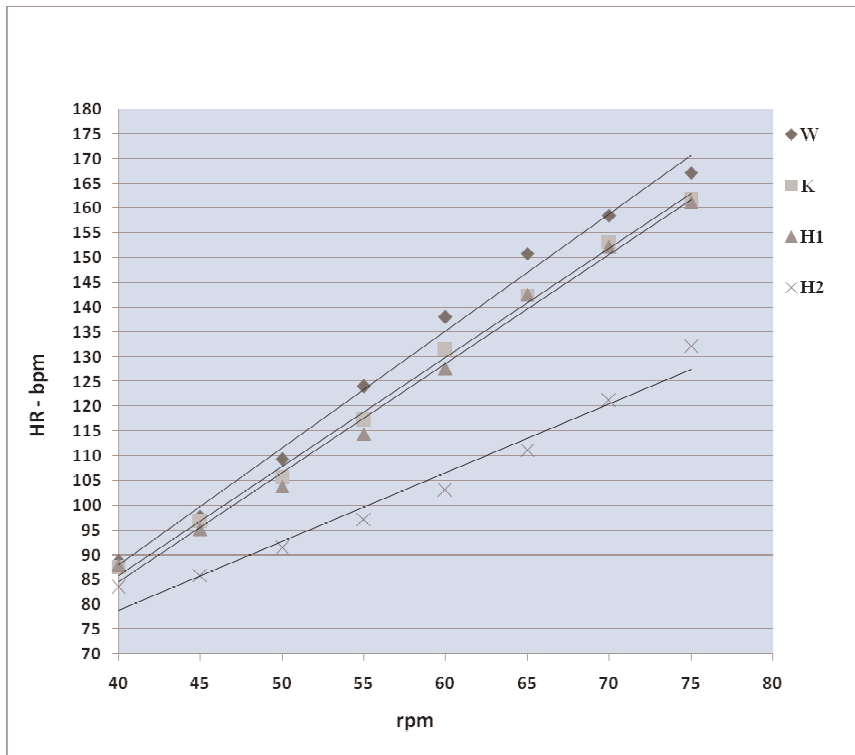
Autore	Tipo di studio	Risultati
Piacentini 2007	Confronto 3 SWB(J-H2-D); 6 sogg.; 5' a 45-60-75-90 rpm	$VO_2\uparrow$ da 26% a 89% $VO_2\max$ ; HR $\uparrow$ da 52% a 87% HRmax; La $\uparrow$ da 1.7 a 6.7 mM/l; No differenze tra WSB
Giacomini 2007	Confronto 4 SWB (W-K-H1-H2); 16 sogg.; test incrementale, step 2', da 40 a 75 rpm	$VO_2\uparrow$ , HR $\uparrow$ , valori simili per W-K-H1 significativamente diversi per H2

Legenda:  $VO_2$  = consumo di ossigeno; HR = Frequenza cardiaca; La = lattato  
Bikes: J = Jad, D = Dinamica, W = Waterfly, K = Keo, H1 = Hydrorider + resistance kit, H2 = Hydrorider

**Tab. 3:** Effetti dell'esercizio su WSB



**Fig1.** Andamento del consumo di ossigeno in 16 soggetti su 4 diversi modelli di WSB da 40 a 75 rpm (Giacomini e coll., 2007 modif.),



**Fig2.** Andamento della frequenza cardiaca in 16 soggetti su 4 diversi modelli di WSB da 40 a 75 rpm (Giacomini e coll., 2007 modif.),

### 3. Conclusioni e prospettive

Come si può evincere dai paragrafi precedenti, lo studio di nuove attrezzature specifiche per il fitness acquatico, ed in generale per le diverse attività motorie in acqua (v. riabilitazione, training, etc.), è solo agli inizi, e spesso “rincorre” le continue proposte, più o meno innovative, delle aziende e degli operatori del settore. A nostro parere, lo sforzo dei ricercatori deve essere finalizzato a supportare tecnici e costruttori per cercare di capire i reali effetti e adattamenti e gli eventuali benefici prodotti da queste attività, allo scopo di codificare e proporre modalità di lavoro e protocolli di esercitazioni scientificamente validi; in sostanza, è bene che gli operatori e gli utenti, in continuo aumento, abbiano conoscenza e consapevolezza di ciò che propongono e ciò che fanno, per ottimizzare le proposte e dirigere le scelte.

In questa ottica, le nostre prossime ricerche nel settore, che cercheremo di divulgare anche su queste pagine, saranno finalizzate ad ulteriori aspetti relativi a queste attività, in particolare:

- studio degli effetti acuti di lezioni-tipo con WSB di vario tipo
- studio degli effetti acuti in protocolli di lavoro in acqua simili su WSB ma a profondità leggermente diverse (vita, torace, etc.)
- studio degli effetti cronici dovuti alla pratica regolare di queste attività
- studio degli effetti indotti dall'esercizio su nuove tipologie di attrezzature (es. treadmills acquatici).

### Bibliografia

- 1) Morlock J.F., Dressendorfer R.H. “Modification of a standard bicycle ergometer for underwater use” (1974) Undersea Biomed Res 1(4): 335-42.

- 2) Shapiro Y., Avellini B.A., Toner M.M., Pandolf K.B. "Modification of the Monark bicycle ergometer for underwater exercise" (1981) *J Appl Physiol* 50(3): 679-683
- 3) Sogabe Y., Kouichi M., Nakashima K., Tajima F., Iwamoto J. "Modification of a conventional bicycle ergometer for underwater use" (1987). *J UOEH* 9(3): 279-85.
- 4) Chen A.A., Kenny G.P., Johnston C.E., Giesbrecht G.G. "Design and evaluation of a modified underwater cycle ergometer" (1996) *Can J Appl Physiol* 21(2): 134-48.
- 5) Craig A.B. Jr, Dvorak M. "Thermal regulation of man exercising during water immersion" (1968) *J Appl Physiol* 25(1): 28-35
- 6) McArdle W.D., Magel J.R., Lesmes G.R., Pechar G.S. "Metabolic and cardiovascular adjustment to work in air and water at 18°, 25°, and 33°C" (1976) *J Appl Physiol* 40(1):85-90
- 7) Costill D.L. "Energy requirements during exercise in the water" (1971) *J Sports Med Phys Fit* 11:87-92
- 8) Denison D.M., Wagner P.D., Kingaby G.L., West J.B. "Cardiorespiratory responses to exercise in air and underwater" (1972) *J Appl Physiol* 33(4):426-430.
- 9) Dressendorfer R.H., Morlock J.F., Baker D.G., Hong S.K. "Effects of head-out water immersion on cardiorespiratory responses to maximal cycling exercise" (1976) *Undersea Biomed Res* 3(3): 177-87.
- 10) Israel D.J., Heydon K.M., Edlich R.F., Pozos R.S., Wittmers L.E. "Core temperature response to immersed bicycle ergometer exercise at water temperatures of 21 degrees, 25 degrees, and 29 degrees C" (1989) *J Burn Care Rehabil* 10(4): 336-45.
- 11) Sheldahl L.M., Wann L.S., Clifford P.S., Tristani F.E., Wolf L.G., Kalbfleisch J.H. "Effect of central hypervolemia on cardiac performance during exercise" (1984) *J Appl Physiol: Respirat. Environ Exercise Physiol* 57(4): 1662-1667
- 12) Sheldhal L.M., Tristani F.E., Clifford P.S., Hughes C.V., Sobocinski K.A., Morris R.D. "Effect of head-out water immersion on cardiorespiratory response to dynamic exercise" (1987) *J Am Coll Cardiol* 10(6): 1254-1258
- 13) Christie J.L., Sheldahl L.M., Tristani F.E., Wann L.S., Sagar K.B., Levandoski S.G., Ptacin M.J., Sobocinski K.A., Morris R.D. "Cardiovascular regulation during head-out water immersion exercise" (1990) *J Appl Physiol* 69(2): 657-664
- 14) Matsui T., Miyachi M., Saito T., Nakahara H., Koeda M., Hayashi N., Onodera S. "Cardiovascular responses during moderate water exercise and following recovery" (1999) In *Proceedings of the VIII International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming*, University of Jyväskylä, Finland: 345-350.
- 15) McMurray R.G., Katz V., Berry M.J., Cefalo R.C. "Cardiovascular responses of pregnant women during aerobic exercise in water: a longitudinal study" (1988) *Int J Sports Med* 9: 443-447.
- 16) Brechat P.H., Wolf J.P., Simon-Rigaud M.L., Brechat N., Kantelip J.P., Berthelay S., Regnard J. "Influence of immersion on respiratory requirements during 30-min cycling exercise" (1999) *Eur Respir J* 13: 860-866
- 17) Perini R., Milesi S., Biancardi L., Pendergast D.R., Vecsteinas A. "Heart rate variability in exercising humans: effect of water immersion" (1998) *Eur J Appl Physiol* 77: 326-332.
- 18) Yun S.H., Choi J.K., Park Y.S. "Cardiovascular responses to head-out water immersion in Korean women breath-hold divers" (2004) *Eur J Appl Physiol* 91:708-711
- 19) Almeling M., Schega L., Witten F., Lirk P., Wulf K. "Validity of cycle test in air compared to underwater cycling" *Undersea Hyperb Med* (2006) 33(1):45-53
- 20) Sheldahl L.M., Buskirk E.R., Loomis L.J., Hodgson J.L., Mendez J. "Effects of exercise in cool water on body weight loss" (1982) *Int J Obes* 6:29-42
- 21) Avellini B.A., Shapiro Y., Pandolf K.B. "Cardio-respiratory physical training in water and on land" (1983) *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 50:255-63

- 22) Sheldahl L.M., Tristani F.E., Clifford P.S., Kalbfleisch J.H., Smits G., Hughes C.V. "Effect of head-out water immersion on response to exercise training" (1986) *J Appl Physiol* 60(6):1878-1881.
- 23) Young A.J., Sawka M.N., Levine L., Burgoon P.W., Latzka W.A., Gonzalez R.R., Pandolf K.B. "Metabolic and Thermal Adaptations from endurance training in hot or cold water" *J Appl Physiol* (1995) 78(3):793 - 801
- 24) Caria M.A., Tangianu F., Concu A., Crisafulli A., Mameli O. "Quantification of Spinning® bike performance during a standard 50-minute class" (2007) *J Sport Sc* 25(4):421-429
- 25) Edlich R.F., Towler M.A., Goitz R.J., Wilder R.P., Buschbacher L.P., Morgan R.F., Thacker J.G. "Bioengineering principles of hydrotherapy" (1987) *J Burn Care Rehabil* 8(6):580-584
- 26) Vennel R., Pease D., Wilson B. "Wave drag on human swimmers" (2006) *J of Biomech* 39(4):664-671
- 27) Hill H.-Master Trainer for Hydrorider- "Hydor Cycling – On The Fitness Frontier" (2002) AKWA, The Official Publicatin of The Aquatic Exercise Association, Inc. 15(6):19
- 28) Orsini D. "Bikewave – Allenamento, programmazione e tonificazione" (2006) Milano, Libreria dello Sport, Collana Tecnica e Didattica
- 29) Piacentini M.F. Gianfelici A., Demarie S., Carminucci R., Quinci M.L., Faina M., Capranica L. "Comparison of metabolic parameters on three different hydrobikes and exercise intensities" (2007) in ECSS 12th Annual Congress, Book of Abstracts: 514
- 30) Giacomini F., Benelli P., Ditroilo M., Gatta G., Fernández Peña E., Lucertini F., De Lillo F., Del Sal M., Trisolino G., Stocchi V. "Physiological responses to water fitness activity: a comparison between the effects of exercise on different water bikes" (2007) in ECSS 12th Annual Congress, Book of Abstracts: 512