



## ANALISI E COMPARAZIONE METODOLOGICA SULLE MODIFICAZIONI INDOTTE DALL'ALLENAMENTO DELLA MUSCOLATURA RESPIRATORIA NEL NUOTO SINCRONIZZATO AGONISTICO

*Dott. Andrea Vivian (Preparatore Atletico Busto Nuoto)*

### INTRODUZIONE

L'evoluzione dell'allenamento in questi anni ha raggiunto livelli che sino a un decennio fa erano insperati. La prestazione sportiva è stata analizzata attentamente a tal punto che oggi si rende necessario allenare nel modo più completo i singoli fattori che la compongono. Gli sforzi degli allenatori si sono rivolti verso l'allenamento del sistema muscolo-scheletrico, neuromuscolare e cardiaco, tralasciando ciò che all'apparenza sembrerebbe un allenamento già insito nel training stesso e quindi di scontata e semplice soluzione: l'allenamento respiratorio.

Gran parte degli sport necessitano di una preparazione e di una capacità coordinativa dei muscoli respiratori. La respirazione addominale, toracica e clavare sono svolte da un numero di muscoli che cresce con l'aumentare dello sforzo. A bassi livelli di ventilazione si ha comunque un lavoro incessante dei muscoli intercostali interni e esterni e del diaframma. Quest'ultimo malgrado il suo peso rappresenti meno dello 0,5% del peso corporeo, è l'unico muscolo scheletrico indispensabile alla vita (Poole et al.-1997). Durante una competizione o un allenamento intenso l'irrorazione sanguigna diaframmatica può aumentare di circa cinque volte.

A frequenze ventilatorie superiori ovvero, a volume respiratorio maggiore, si ha l'intervento di muscoli accessori quali: gli scaleni, lo sternocleidomastoideo, gli estensori della colonna vertebrale, la muscolatura pettorale (grande e piccolo pettorale), gli elevatori delle coste, la muscolatura della parete addominale (retto, obliqui, trasverso), i dentati e il quadrato dei lombi (Koulouris N.G.; Dimitroulis I.-2000) con una diminuzione in percentuale del lavoro diaframmatico (da 75% a 60%).

E' noto che fino al 15% nella corsa e fino al 12% nel ciclismo la produzione di lattato ematico è a carico della muscolatura respiratoria (Douglas R. Seals; Spengler C.M.-1999; 2000; 2001). Il maggior rendimento di questi muscoli può ritardare l'affaticamento e di conseguenza il richiamo dei substrati energetici dagli arti verso la muscolatura respiratoria. Ma come allenarla in maniera specifica?



metodiche tradizionali.

La soluzione è stata fornita da una metodica del fisiologo prof. Urs Boutellier del Politecnico Federale (ETH) dell'Università di Zurigo, mediante la realizzazione di uno strumento che permette di svolgere allenamenti in Iperpnea Isocapnica per la muscolatura respiratoria. Questo strumento è stato adottato da tempo in molte discipline, compreso lo sci di fondo nel quale la Nazionale Italiana ha raccolto medaglie d'oro e d'argento agli ultimi Giochi Olimpici Invernali. La squadra Campione assoluto invernale d'Italia 2007 di Nuoto Sincronizzato junior e assoluta della Busto Nuoto ha utilizzato questo semplice mezzo di allenamento inserendolo tra le



## ASPETTI FISIOLGICI NEL NUOTO SINCRONIZZATO

Prima di trattare l'aspetto sperimentale, occorre introdurre alcune fondamentali precisazioni.

### Modificazioni cardiache:

Durante l'immersione in stazione eretta di un corpo umano la pressione dell'acqua provoca una riduzione del volume ematico verso il torace di centinaia di ml, provocando:

- Un aumento della gittata cardiaca durante un'immersione graduale (da 5,0 l/min a 5,7 l/min. con immersione fino al bacino; 7,4 l/min. con immersione sino al processo xifoideo; 8,3 l/min. con immersione al collo)
- Con immersione sino al collo la f.c. nei primi momenti diminuisce per poi tornare ai valori normali per lo stiramento della parete atriale per il maggior riempimento. La frequenza cardiaca in immersione è comunque minore rispetto allo stesso carico relativo a secco espresso in percentuale del VO<sub>2</sub> max (meno 10-15 bpm). Inoltre il riflesso d'immersione (diving reflex) provoca alterazioni bradicardiche al progressivo aumento di f.c. in proporzione all'intensità dello sforzo
- La pressione arteriosa resta pressoché invariata rispetto a quella a secco perché, la diminuzione delle resistenze periferiche è controbilanciata dall'aumento della gittata cardiaca e sistolica (più 30-35%)

### Modificazioni polmonari:

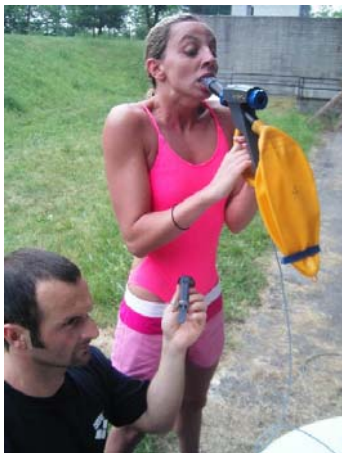
Nell'immersione fino al collo si è osservata una riduzione delle Capacità Vitale (CV) sino al 9%, diminuzione del Volume Residuo (VR) (meno 16%) e un calo del Volume di Riserva Espiratoria (VRE) attribuibili alla salita del diaframma e all'aumento del volume ematico polmonare. Il valore su cui si sono rivolte le nostre attenzioni durante l'esercizio in immersione è stato la diminuzione del Volume Corrente (VT) che determina, come risposta fisiologica, la necessità di aumentare la frequenza respiratoria per raggiungere i valori polmonari necessari alle richieste ventilatorie indotte dall'esercizio.

Con il sopraggiungere della "fame d'aria", avvengono contrazioni diaframmatiche: si tratta di contrazioni involontarie che dal diaframma si estendono a tutta la muscolatura respiratoria allo scopo ripristinare atti respiratori inibiti dalla volontà dell'atleta. Spesso le nuotatrici ignorano le contrazioni diaframmatiche continuando a svolgere l'esercizio in apnea anche se a livello addominale si notano delle contrazioni ritmiche, il che è stato evidenziato in esercizi eseguiti nella vasca ergometrica.

Oltre alle modificazioni respiratorie esposte, si evidenzia anche la variazione dell'equivalente respiratorio (VE/VO<sub>2</sub>: rapporto tra Ventilazione Polmonare e Consumo di Ossigeno) correlato all'attività fisica svolta. Nelle attività natatorie svolte in posizione prona VE/VO<sub>2</sub> risulta significativamente inferiore rispetto alla corsa a qualsiasi intensità di esercizio. Ciò si spiega con la notevole limitazione dell'attività respiratoria del nuoto e la conseguente inadeguata ossigenazione del sangue venoso che può essere una delle cause dei minori valori di VO<sub>2</sub> max rispetto alla corsa.

## STUDIO

In questo studio sono state prese in oggetto 14 atlete della Squadra Agonistica di Nuoto Sincronizzato della Società Busto Nuoto, suddivise in due gruppi di sette atlete (Gruppo Studio e Gruppo di Controllo) la cui età, altezza, peso e BMI erano rispettivamente di:  $21,5 \pm 2$  anni;  $163,7 \pm 3,4$ cm;  $52,5 \pm 4,1$ Kg;  $19,8 \pm 1,0$ . Sono stati analizzati i dati antropometrici e BMI (Indice di Massa Corporea).



Il Gruppo Studio abbinava alla normale preparazione atletica il protocollo di Allenamento Respiratorio, in Iperpnea Isocapnica, mentre il Gruppo di Controllo unicamente la preparazione atletica tradizionale. Il protocollo di training respiratorio si è svolto per un tempo complessivo di 12 settimane con una frequenza di tre sedute settimanali. Per lo svolgimento di questo studio ci siamo avvalsi di test che ci hanno permesso di valutare i livelli iniziali e finali delle atlete, sia attraverso i test specifici della metodica, sia attraverso test da campo. Oltre alle valutazioni suddette abbiamo ritenuto opportuno proporre al termine del protocollo di lavoro un questionario di valutazione soggettiva, all'interno del quale le atlete riferivano in forma anonima quelle che erano le

sensazioni in merito al lavoro di allenamento respiratorio svolto.

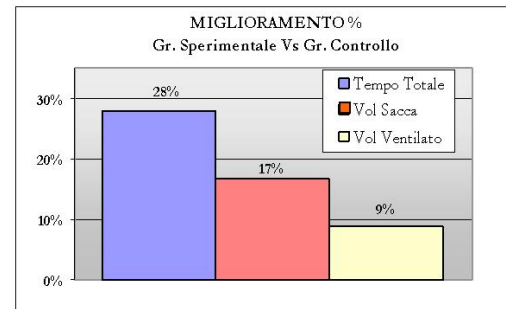


I test utilizzati sono i seguenti:

- **Vivian Test®**: test incrementale massimale.
- **Rilevazione delle f.c.** (freq. cardiaca) durante e a fine prova
- **Valutazione delle f.r.** (freq. respiratoria) al termine della prova
- **Prova di apnea dinamica** (rana subacquea)

### RISULTATI: VIVIANTEST®

Dall'analisi comparativa dei valori relativi al VivianTest® emergono importanti miglioramenti (Tabella n.1, Grafico 1); per quanto riguarda i volumi delle sacche di respirazione utilizzate abbiamo potuto riportare un incremento pari al **16,7%** tra il



VivianTest® "pre" (svolto prima del protocollo di allenamento) e quello "post" (dopo il protocollo). Altro parametro di indubbio valore ottenuto dal test è il tempo totale impiegato dall'atleta prima di interrompere la prova. Come tutti i test incrementali massimali protrarre la durata del test il più a lungo possibile è indice di grande capacità di resistere nel tempo a sforzi che diventano man mano sempre più impegnativi e spossanti, sia per i distretti muscolari direttamente impegnati che per l'intero organismo. In questo parametro abbiamo misurato un miglioramento pari al **8,7%**.

Valori medi del gruppo	Tempo totale [secondi]	Volume sacca [litri]	Vol. tot. ventilato [litri]
Vivian Test® "pre"	934 ± 102	2,5 ± 0,27	1613,4 ± 324,2
Vivian Test® "post"	1022 ± 100,3	3,0 ± 0,5	2235,4 ± 412,2
<b>Differenze [%]</b>	<b>+ 8,7%</b>	<b>+ 16,7%</b>	<b>+ 27,9%</b>

Il risultato più evidente è stato quello relativo al volume totale ventilato dalle Atlete, con un incremento pari al **27,9%**. Questo dato testimonia un'accresciuta capacità dei muscoli respiratori di compiere sforzi impegnativi.

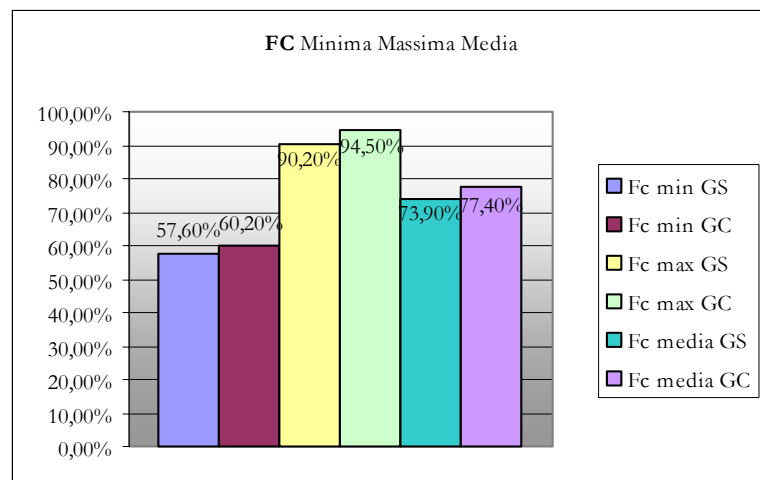
Tabella n° 1

### Rilevazione della f.c. durante e a fine prova:

I valori relativi alle frequenze cardiache registrati nel corso della prova, hanno messo in evidenza dei risultati molto interessanti che confermano l'efficacia della metodica. E' importante precisare che i valori che tratteremo sono espressi in percentuale rispetto alle massime frequenze cardiache utili di ogni atleta, non verranno quindi indicate le frequenze cardiache assolute ma quelle relative.

Mettendo a confronto il Gruppo Studio e quello di Controllo (Tabella 2, Grafico 2), si nota come le frequenze cardiache siano più basse in tutti gli indici trattati. Analizzando l'indice relativo alla frequenza cardiaca media si nota come le atlete del Gruppo di Studio hanno fatto registrare nel corso della prova una

frequenza cardiaca media pari al 79,1% rispetto al 82,4% del Gruppo di Controllo con una differenza del 3,3%. Nelle tabelle sono indicate le differenze relative agli indici di recupero monitorati al termine della prova. Anche in questo caso tutti gli indici mostrano delle frequenze cardiache minori nel Gruppo di Studio con differenze che vanno da un minimo di 1,2% a un massimo del 7,2%.





Media $\pm$ Deviazione Standard	f.c. Min.	f.c. Max	f.c. Media
Gruppo Studio	57,6% $\pm$ 4,3	90,2% $\pm$ 3,7	73,9% $\pm$ 4,2
Gruppo Controllo	60,2% $\pm$ 3,5	94,5% $\pm$ 2	77,4% $\pm$ 3,3

Tabella n°2

Tutto ciò conferma come il Gruppo Studio riesca a recuperare più velocemente, quindi meglio, del Gruppo di Controllo, denotando una maggiore capacità nel ristabilire in tempi brevi una condizione di non affaticamento.

### Valutazione della Frequenza Respiratoria al termine della prova:

I valori relativi alle frequenze respiratorie registrati al termine della prova sono stati comparati per entrambi i gruppi tra valori "pre" allenamento respiratorio e valori "post" allenamento respiratorio. La frequenza respiratoria è stata valutata nei primi dieci secondi al termine della prova e moltiplicata per sei per ottenere il valore di atti respiratori al minuto.

Media $\pm$ Deviazione Standard	f.r. "pre" [atti resp/min]	f.r. "post" [atti resp/min]	Differenza [atti resp/min]
Gruppo Studio	39,2 $\pm$ 1,5	35,2 $\pm$ 2,7	- 4,0
Gruppo Controllo	38,8 $\pm$ 2,9	38,7 $\pm$ 3,2	- 0,1

### Prova di Apnea Dinamica (rana subacquea):

Tabella n°3

Questa prova è stata inserita considerando l'importanza e il ruolo che riveste l'apnea nel nuoto sincronizzato e dopo aver visionato e stimato il tempo di permanenza in apnea durante lo svolgimento dell'esercizio di gara (56% del tempo totale d'esercizio). Considerando che più della metà dell'esercizio veniva compiuta in apnea dinamica, abbiamo volutamente inserito questa prova per valutare se l'allenamento respiratorio poteva aumentare le prestazioni delle atlete in apnea.

I valori relativi ai metri percorsi in apnea dinamica (rana subacquea) sono stati valutati e comparati per entrambi i gruppi tra valori "pre" allenamento respiratorio e valori "post".

Tabella n°4

Media $\pm$ Deviazione Standard	Metri "pre"	Metri "post"	Differenza (metri)
Gruppo Studio	37,4 $\pm$ 2,6	51,8 $\pm$ 2,7	+ 14,4
Gruppo Controllo	38,3 $\pm$ 3	42,4 $\pm$ 2,2	+ 4,1

La prova di apnea è stata svolta per i due gruppi dopo una prova di riscaldamento con ventilazione di un minuto. Il test è stato svolto dopo una ventilazione di due minuti. Entrambi i gruppi non conoscevano le tecniche di ventilazione corrette per svolgere al meglio una prova di apnea.





## Protocolli di Lavoro

Prima d'impostare la programmazione dell'allenamento è stata analizzata accuratamente la routine di gara della componenti della squadra Busto Nuoto. Proprio per le caratteristiche della gara e l'impegno tecnico e respiratorio delle prove prese in esame, le atlete inizialmente hanno "imparato" la tecnica e la coordinazione del gesto respiratorio con lo strumento, aspetto questo non sempre scontato anche con i professionisti: il pattern e lo schema motorio di attivazione dei muscoli che intervengono nella respirazione è spesso viziato da innumerevoli fattori dettati dalle abitudini motorie proprie dei diversi sport. Il secondo intento è stato quello di limitare l'affaticamento organico prodotto dalla mancanza di allenamento dei muscoli respiratori.

Dopo una fase di apprendimento della metodica dell'Iperpnea in Isocapnica, seguita da una d'incremento, si è cercato di fare svolgere alle atlete un training il più fedele possibile alle f.r. di gara. Questa fondamentale fase ha permesso di preparare le atlete ai successivi e più impegnativi microcicli, composti da sedute di allenamento respiratorio caratterizzate da un iniziale aumento di volume e successivamente d'intensità.



A compimento di questo primo periodo è stato proposto il VivianTest® per definire l'esatto volume della sacca di allenamento, le corrette frequenze respiratorie di lavoro e lo stato di forma della muscolatura respiratoria. Senza un'accurata valutazione di questi parametri sarebbe difficoltoso svolgere un corretto programma di allenamento respiratorio. Per dodici settimane il lavoro è stato orientato al miglioramento del rendimento allenando la atlete con tre sedute settimanali.

Proprio per le caratteristiche fisiologiche precedentemente descritte a cui è sottoposto il corpo in immersione sono state fatte svolgere diverse sedute di allenamento respiratorio con l'atleta immersa nell'acqua sino alle clavicole e sedute respiratorie svolte in posizione prona. Le difficoltà respiratorie hanno reso queste sedute particolarmente intense e faticose riproducendo però fedelmente l'ambiente specifico in cui si svolge questa disciplina sportiva.



Nell'ultimo mese sono stati proposti allenamenti prendendo spunto dagli studi del Dott. Bernardi L. e Sleight P. (2005) che hanno messo in relazione la f.r. e la f.c. con le battute del ritmo musicale (bpm) della musica ascoltata dalle atlete. Gli allenamenti proposti in serie della durata dell'esercizio con la musica di gara permettono di adattare l'atleta a frequenze respiratorie più basse con volumi correnti maggiori rispetto alle abitudini della competizione, per un miglioramento della performance (Bernardi L. 2006). Gli ultimi lavori svolti sono stati una miscela di stimoli proposti nei periodi precedenti cercando similitudini sempre maggiori rispetto alla gara (ritmo musicale; posizione del corpo rispetto

al livello dell'acqua; posizione del corpo nello spazio) ritoccati dagli adattamenti respiratori ottenuti (frequenza respiratoria, volume corrente e di conseguenza ventilazione polmonare; apnea). Tutti gli allenamenti sono stati programmati in orari e in condizioni ambientali simili alla gare (all'aperto: con adattamento anticipato alle gare out-door).



Come ulteriore parametro valutativo, durante il lavoro, sono state rilevate le frequenze cardiache ad intervalli di 2'30". Il rendimento delle atlete è stato evidente soprattutto negli ultimi secondi della routine, dove spesso l'accumulo di acido lattico, la dispnea e il conseguente affanno limitano considerevolmente la prestazione. A fine prova le sensazioni descritte sono state molto buone: "Molta lucidità, ci sembra di galleggiare di più...". I tempi di recupero inoltre sono risultati nettamente minori.



### Conclusioni

L'allenamento in Iperpnea Isocapnica restituendo alla muscolatura respiratoria la sua fisiologia, si è dimostrata utile nel miglioramento anche della funzione posturale che la medesima svolge (Campra P, 2006). L'alternanza dei cicli di massima contrazione e completo rilassamento favorisce una migliore coordinazione tra agonista e antagonista, incrementa la vascolarizzazione e di conseguenza l'ossigenazione di tutta la muscolatura interessata, ne facilita l'allungamento, accresce l'elasticità dell'intero apparato e la capacità di sfruttamento del sistema elastico con l'utilizzo dei riflessi di Hering-Breuer e di Head, riflessi che intervengono in massima inspirazione ed espirazione. Siamo riusciti a ottenere lo sblocco diaframmatico grazie a un'educazione a inspirazione profonda che ha permesso di fare contrarre, mobilizzare, vascolarizzate e ossigenare i sarcomeri retratti, imprigionati dal connettivo, proprio a causa della loro fissità in una posizione.

Quanto detto si trasforma di conseguenza nella possibilità di effettuare durante la gara atti respiratori più profondi utilizzando una maggiore escursione diaframmatica. Un'ulteriore possibilità è quella che anche il connettivo del sistema sospensorio del diaframma sottoposto alle medesime azioni di stiramento ritrovi la fisiologica lunghezza perduta a causa di posture scorrette con conseguenti maggiori libertà di movimento.

**Dott. Andrea Vivian** (Preparatore Atletico Busto Nuoto)

**Email:** [vivian@emsc.it](mailto:vivian@emsc.it)

Comitato Scientifico di EMSC, Euro Medical Sport Center, Legnano ([www.emsc.it](http://www.emsc.it))



#### Note Bibliografiche:

- Bone Roger C., "Atlante di Pneumologia e Medicina Intensiva Respiratoria", Ed PICCIN.
- Boutellier U., Università degli Studi Politecnico di Zurigo - Pubblicazioni riguardanti l'attività respiratoria – Reperibile su Internet.
- Coggan A.R. et al.: Plasma glucose kinetics during exercises in subjects with high and low lactate thresholds. *J. Appl. Physiol.* 73:1873, 1992
- Coyle E.F. et al.: Determinants of endurance in well trained cyclists. *J. Appl. Physiol.*, 64:2622, 1988
- Bernardi L, Porta C, Sleight P: "Cardiovascular, cerebrovascular, and respiratory changes induced by different types of music in musicians and non-musicians: the importance of silence"; *Heart* 2006;92:445-452. doi: 10.1136/hrt.2005.064600
- Farhi LE, Linnarson D. Cardiopulmonary readjustments during graded immersion in water at 35°C. *Respir Physiol* 1977; 30:35-50
- Figura F., Cama G., Gaudetti L. Heart rate, alveolar gases and blood lactate during synchronized swimming. *J. Sports Sci* 1993; 11 (2): 103-7
- Frangiolas DD, Rhodes EC. Metabolic responses and mechanisms during water immersion running and exercise. *Sport Med* 1996; 22 (1): 38-53
- Fucci S., M. Benigni, V. Fornasari "Atlante di Meccanica dell'Apparato Motorio e Neuro-muscolare applicato alla Preparazione Atletica" (EMSI).
- Greco M., Quaranta B. Heart rate variations in response to apnea during synchronized swimming. Part I. *Med. Sport* 1996; 49: 261-9
- Greco M., Quaranta B. Heart rate variations in response to apnea during synchronized swimming. Part II. *Med. Sport* 1996; 49: 271-80
- Douglas R. Seals "Robin Hood for the lungs? A respiratory metaboreflex that 'steals' blood flow from locomotor muscles". Department of Kinesiology and Applied Physiology, University of Colorado at Boulder, Boulder, CO 80309, USA
- Holm P., Angela Sattler and Ralph F Fregosi Pubblicato: 06 May 2004 *BMC Physiology* 2004, 4:9 "L'allenamento di resistenza della muscolatura respiratoria aumenta la performance di giovani ciclisti amatori allenati".
- Bernardi L, Sleight P, Bandinelli G, et al. "Effect of rosary prayer and yoga mantras on autonomic cardiovascular rhythms: comparative study" *BMJ* 2001;323
- Hong SK, Cerretelli JC, Cruz C. Mechanics of respiration during submersion in water. *J. Appl Physiol* 1969; 27: 535-38
- Spengler C., Marcus Roos, Sonja Lanbe, Boutellier U. - *Eur J Appl Physiol* (1999) 79: 299±305 "Diminuzione del acido lattico ematico dopo l'allenamento della muscolatura respiratoria nell'uomo".
- Stuessi C., Christina M. Spengler, Claudia Knöpfli-Lenzin, Gavril Markov Boutellier U. - *Eur J Appl Physiol* (1999) 79: 299±305 "L'allenamento della muscolatura respiratoria aumenta l'endurance nel ciclismo senza effetti sulla concentrazione dei gas nel sangue".
- Stuessi C., Christina M. Spengler, Claudia Knöpfli-Lenzin, Gavril Markov, Urs Boutellier "L'allenamento della muscolatura respiratoria aumenta l'endurance nel ciclismo senza effetti sulla concentrazione dei gas nel sangue"- *Eur J Appl Physiol* (2001) 84: 582-586.
- R. Perlovitch A. Gefen, D. Elad, A. Ratnovsky, M. R. Kramer, P. Halpern "Inspiratory muscles experience fatigue faster than the calf muscles during treadmill marching" *Science Direct, Respiratory Physiology & Neurobiology Dep. of Biomedical Engineering, Tel Aviv University*
- Weinek J. "Anatomia Sportiva" Calzetti-Mariucci.

La restante bibliografia troppo estesa per essere riportata integralmente può essere richiesta all'autore del testo.

APPROFONDISCI LA GINNASTICA DEL RESPIRO SU

# SPIROTIGER.IT

SpiroTiger® è prodotto in Svizzera da idiag ag. Distributore in esclusiva per l'Italia di SpiroTiger® e SpinalMouse® è:



salute, sport, fitness, prevenzione  
per una migliore qualità di vita



mvmitalia.it



spirotiger.it



spinalmouse.it

MVM Italia s.r.l. - Uffici: Corso Sempione, 22 - 20020 Lainate (MI) - Tel. +39 02 93559169 Fax: +39 02 93551326 [info@mvmitalia.it](mailto:info@mvmitalia.it) [www.mvmitalia.it](http://www.mvmitalia.it)