

AERONAUTICA MILITARE ITALIANA

*Centro di Studi e Ricerche di  
Medicina Aeronautica e Epaziale*

Direttore: Col. med. C.S.A.

Prof. A. SCANO

COMITATO OLIMPICO NAZIONALE  
ITALIANO

Direttore: Prof. A. VENERANDO

# *Contributi italiani alla conoscenza della funzione respiratoria negli sportivi, con particolare riguardo agli effetti dell'altitudine.*

Ten. Col. med. C.S.A. Dott. F. ROSSANIGO.

Prof. A. VENERANDO.

Dr. A. DAL MONTE

Nel quadro di un rinnovato interesse degli studiosi di tutto il mondo verso i problemi fisiologici dell'altitudine, abbiamo ritenuto non inutile presentare un panorama, necessariamente sommario, dei principali contributi portati da studiosi italiani alla conoscenza della fisiologia respiratoria negli atleti e specialmente nell'esercizio fisico in montagna o comunque in ipossia.

Una solida tradizione di ricerca ha avuto inizio alla fine del secolo scorso con ANGELO MOSSO (1846-1910) —pioniere della medicina sportiva e degli studi dell'altitudine— e si è ampliata e approfondita in seguito con i lavori di varie Scuole di fisiologia, di medicina sportiva e di medicina aeronautica.

La funzione respiratoria intesa nella sua completezza, comprendente cioè l'attività dell'apparato respiratorio, la sua regolazione, la diffusione alveolo-capillare e il trasporto dei gas nel sangue, la diffusione verso e dai tessuti e la respirazione cellulare, rappresenta, come è

noto, il supporto di ogni altra funzione dell'organismo ed il fenomeno di più immediato rilievo negli adattamenti al lavoro muscolare, alla altitudine, ed in particolare al lavoro in altitudine.

Numerose e variamente indirizzate sono state nel nostro Paese le ricerche *sulla funzione dell'apparato respiratorio di atleti a livello del mare.*

Se si considerano *le varie attività sportiva sotto il profilo fisiologico*, esse appaiono chiaramente distinguibili in attività che non richiedono tanto un notevole dispendio energetico, quanto un notevole grado di destrezza e abilità (p. es. il golf e il tiro a segno o il tiro a volo), e in attività in cui il fattore muscolare è intensamente impegnato. Il secondo gruppo di attività è ulteriormente distinguibile a seconda che si richiedano, per la loro esplotazione, movimenti molto rapidi, atti a im-

primere velocità, (p. es. corsa veloce, salto, lanci), ovvero movimenti relativamente lenti, ma comunque un lavoro strenuo e prolungato (p. es. nuoto, canottaggio, marcia). Il primo di questi due sottogruppi esige l'eliminazione di ogni movimento parassita ed una riduzione al minimo della resistenza offerta dalla viscosità della muscolatura, con l'estrinsecazione di una grande potenza muscolare. Nel secondo, invece, più che una grande potenza muscolare, si richiede una perfetta funzionalità e adattabilità cardiocircolatoria e respiratoria, così da fornire all'organismo tutta la quantità di ossigeno che gli necessita nell'unità di tempo. Infatti in questo gruppo di sport il lavoro ha carattere prevalentemente aerobico, mentre nel precedente ha carattere essenzialmente anaerobico. Non mancano però sport a tipo *misto* (basket, calcio, lotta, pugilato, etc.) che comportano una successione di movimenti rapidi intercalari da periodi di attività relativamente ridotta, per cui, accanto a una notevole potenza muscolare, essi richiedono anche un ottimo rendimento degli apparati cardiocircolatorio e respiratorio. Esistono infine i cosiddetti *sport di forza*, che non esigono una grandissima potenza muscolare, ma piuttosto la capacità di esplicare una forte tensione muscolare (salto, sollevamento pesi, etc.) con impegno notevole per brevi periodi della funzionalità cardiocircolatoria, data la difficoltà incontrata dal sangue a fluire attraverso i muscoli durante lo sforzo.

Le indagini sugli *effetti dell'allenamento all'esercizio fisico sulla funzionalità respiratoria* sono relativamente recenti; essi riguardano soprattutto la respirazione esterna nei suoi diversi parametri, in condizioni di base e durante il lavoro muscolare, soprattutto le correlazioni respiratorio-metaboliche. Più recentemente la fisiologia applicata agli sport ha messo in evidenza la differente influenza esercitata dal tipo di lavoro caratteristico degli sport, come prima classificati, sugli adattamenti respiratori degli atleti, analogamente a quanto è riscontrabile per il sistema cardiocircolatorio. Per tale problematica sono stati particolarmente utili le ricerche su atleti olimpionici effettuate nell'ultimo decennio (MARGARIA, ROVELLI e AGHEMO; MACCAGNO; BERRA; REGGIANI e GAFFURI; RADOVANI) e le indagini di masa su giovani soggetti allenati nei diversi sport (VENERANDO e DAL MONTE; RADOVANI; SESSA e VALLARIO; SESSA, VECCHIONE e VALLARIO; VECHIELLE e coll.; etcetera).

Gli adattamenti respiratori che si realizzano negli atleti in condizioni di riposo, durante l'esercizio sportivo specifico e durante il ristoro vengono riportati nelle tabelle A - B - C; nelle quali sono state schematicamente presi in considerazione i parametri respiratori più importanti ed indicate le variazioni positive o negative che subiscono nei confronti del soggetto sano non allenato.

Le variazioni respiratorie più marcate si registrano negli allenati agli sport prevalentemente aerobici; in condizioni di riposo sono apprezzabili sensibili variazioni rispetto alla norma dei volumi polmonari statici e dinamici che stanno ad indicare una migliore meccanica toraco-diaframmatica dei soggetti allenati nei confronti di coloro che praticano sport di destrezza, i quali non comportano un particolare impegno respiratorio. Grazie a fenomeni di diminuita viscosità del parenchima polmonare, di maggiorata efficienza dei muscoli respiratori principali ed accessori, di una migliorata azione sinergica costo-diaframmatica e di una più completa aerazione di tutti i distretti polmonari si possono realizzare, soprattutto nei soggetti che praticano sport aerobici, ventilazioni massime volontarie e ventilazioni massime da esercizio notevolmente superiori agli standard dei non allenati.

Se a ciò si aggiunge il più favorevole e rapido scambio gassoso alveolo-capillare e le incrementate possibilità di trasporto dei gas respiratori nel sangue, si giunge alla realizzazione di massimi consumi di  $O_2$  elevati. La fase di ristoro respiratorio che, in definitiva, può essere assimilata al periodo in cui viene interamente pagato il debito di ossigeno contratto sia nella fase iniziale del lavoro che durante il medesimo, sia pure nelle fasi finali, specie quando esso sia stato particolarmente intenso e tale da superare il massimo apporto di  $O_2$  consentito dell'apparato cardiocircolatorio, risulta nell'allenato notevolmente più breve. Tale situazione favorevole si presenta quantitativamente massima negli allenati a sport aerobici, mentre raggiunge valori meno marcati negli atleti praticanti sport misti, mentre ancor meno evidenti risultano gli adattamenti respiratori dei soggetti praticanti sport anaerobici e di forza. Nei praticanti sport di destrezza non si realizzano adattamenti respiratori significativi. Al fine però di evitare eccessivi schematismi, occorre sottolineare che i moderni metodi di allenamento sportivo non sono rigidamente legati all'esercizio specifico della gara, ma presuppongono tutti una preparazione fisica di base che produce effetti assimilabili a quelli del lavoro muscolare prevalentemente aerobico.

È assolutamente indispensabile inoltre considerare gli adattamenti respiratori quale espressione parziale di un complesso quadro di adattamenti all'allenamento che impegna, oltre all'apparato cardiocircolatorio, anche i complessi fenomeni biochimici che si accompagnano non solo al trasporto di gas nel sangue, ma anche agli scambi ematico-tessutali. A questo aspetto globale, che si rivela attraverso fenomeni specifici, manca il riferimento a tutti quei fenomeni cellulari, muscolari e nervosi, che condizionano la tolleranza all'ipossia da lavoro o alla contrazione di un debito di ossigeno di ingente proporzione.

\* \* \*

Altrettanto ampio è il contributo apportato alla conoscenza degli *effetti respiratori dell'altitudine*, che riassumeremo secondo lo schema adottato nella parte precedente.

Nel settore della meccanica respiratoria, spirometria e composizione dei gas alveolari, occorre ricordare le classiche ricerche manometriche e spirografiche di MOSSO (al quale si devono anche metodi originali di ergografia e lo impiego del contatore a secco per la misura della ventilazione polmonare), quelle sulla portata e velocità respiratoria in ipossia di LOMONACO e SCANO (1946) e sulle stesse variabili studiate durante lavoro muscolare in ipossia da ROSSANIGO (1954). Nello stesso anno MARGARIA e MARRO compirono una ricerca su soggetti sani riguardante il massimo lavoro potenziale dell'apparato respiratorio, stabilendo il massimo valore di pressione in- ed espiratoria a diversi gradi di riempimento polmonare.

Fondamentali gli studi sugli effetti della resistenza respiratoria di A.M. di GIORGIO e allievi D'ARCANGELO e SCANO (1963) hanno dimostrato nell'uomo la possibilità di respirare attraverso resistenze elevatissime mediante aumento del volume e diminuzione della frequenza respiratoria.

Nel campo della regolazione del respiro in ipossia e della interpretazione dei fenomeni biochimici che ne sono alla base, spicca la dottrina dell'acapnia di MOSSO, fondata su osservazioni sperimentali ancora valide, ma allora non correttamente interpretate: la relativa ipoventilazione in montagna degli alpinisti acclimatati, l'effetto benefico dell'aggiunta di  $\text{CO}_2$  all'aria, il respiro periodico in riposo e nel sonno che cessa con il lavoro, etc. Sostenuta da HERLITZKA e dapprima da MARGARIA,

quest'ultimo ha dimostrato, fra il 1940 ed il 1945, con ricerche personali e di collaboratori, la preponderante importanza dell'ipossia nella genesi dei fenomeni respiratori dell'altitudine: ricerche di C. TALENTI in depressione barometrica e con la respirazione di miscele povere di  $\text{O}_2$  hanno messo in evidenza l'uguale risposta ventilatoria e tensione dei gas alveolari a parità di  $\text{PIO}_2$  nelle due condizioni. Conferma per altra via dava T. LOMONACO studiando le tensioni alveolari a riposo e in lavoro muscolare, in aria normale e in ipossia dopo aver introdotto spazi morti respiratori artificiali di volumi crescenti.

TALENTI e MARGARIA dimostrano che fino alla concentrazione del 2,5 % nell'aria inspirata, l'aumento di  $\text{PICO}_2$  è compensato dall'iperventilazione.

Altri contributi alla conoscenza della regolazione chimica del respiro furono portati da MILLA e VACCA (1940) impiegando miscele povere di  $\text{O}_2$  e spazi morti artificiali, e da MEDA e ALELLA nel 1947 studiando gli effetti dell'iperventilazione volontaria con aria e  $\text{O}_2$ ; CERRETELLI (1954) ha descritto la persistenza della ipereccitabilità del centro respiratorio al piano in soggetti lungamente acclimatati in montagna e SCANO e coll. (1956) hanno osservato una modica acclimazione respiratoria in soggetti esposti ad ipossia discontinua.

Numerose le indagini sulla resistenza all'ipossia, da quelle antiche di TALENTI, MARGARIA ed altri, che ne dimostrarono la diminuzione per effetto dell'introduzione di olio nel cavo pleurico, onde ridurre la capacità respiratoria, a quelle di FARAGLIA (1940-42) che hanno approfondito il problema del lavoro muscolare in ipossia, le variazioni di rendimento e gli effetti benefici dell'adattamento. Il tempo di ripristino della contrazione muscolare in ipossia è stato studiato nel '52 da VACCA e coll. DI GIORGIO, MEDA e altri hanno messo in evidenza gli adattamenti del metabolismo energetico in montagna ed il tempo necessario perché si attuino.

Attorno a questi temi centrali vi è una mole cospicua di ricerche parcellari, alcune delle quali però meritano essere ricordate; ad esempio, quelle guidate da BOERI sulla definizione e misura dello spazio morto respiratorio e quelle sui rapporti fra riempimento polmonare e tempo di apnea, le indagini di MARGARIA e coll. sulla temperatura dell'aria espirata in ipossia e sul tempo di apnea in funzione della pressione endopolmonare, la serie di lavori di LOMONACO, SCANO, ROSSANIGO e collaboratori sulla valutazione funzionale respiratoria

e cardiocircolatoria di soggetti sani e variamente allenati all'esercizio fisico, che hanno avuto vaste applicazioni nel campo della patologia

dell'apparato respiratorio da parte di DADDI e PASARGIKLIAN, di DI MARIA, di MACCAGNO, di SARTORELLI, e di altri autori.

### ADATTAMENTI RESPIRATORI DELL'ATLETA ALLENATO

#### A) IN CONDIZIONI DI RIPOSO

Parametri	Sport destrezza	Anaerobici	Aerobici	Misti	Forza
Meccanica respiratoria					
1) FR	=	—	— —	— —	—
2) Cirtometria Inspiratoria					
Differenza Espiratoria	=	+	+ + +	+ + +	+ +
3) Indice frenocinésico	=	+	+ + +	+ + +	+
Volumi polmonari					
1) CV	=	+	+ + +	+ + +	+
2) RI	=	+	+ + +	+ + +	+ +
3) RE	=	+	+ + +	+ +	+
4) AC	=	=	—	=	+
5) MVV	=	+	+ + +	+ +	+ +
6) VEMS	=	+ +	+ + +	+ +	+ + +
Scambi gassosi alveolo capillari	=	+	+ + +	+ + +	+
Trasporto dei gas nel sangue	=	+	+ + +	+ + +	+

#### B) IN CONDIZIONI DI LAVORO

Parametri	Sport destrezza	Anaerobici	Aerobici	Misti	Forza
F. R.	—	APNEA + (a seconda dello sport praticato)	+	+	IN APNEA
M. V. E.	—	APNEA + (a seconda dello sport praticato)	+ + +	+ +	IN APNEA
Scambio gassosi Alveolo - capillari	=	+	+ + +	+ +	—
Trasporto gas nel sangue	=	+	+ + +	+ +	—
Massimo consumo di O <sub>2</sub>	=	+	+ + +	+ +	=
Massimo debito d'O <sub>2</sub>	=	+ + +	+	+ +	+

## C) IN CONDIZIONI DI RISTORO

Parametri	Sport destrezza	Anaerobici	Aerobici	Misti	Forza
Tempo totale di ripristino ventilatorio	—	—	— — — —	— —	— —
F. R.	—	—	— —	—	—
Scambi gassosi alveolo capillari	=	+	+ + +	+	=
Trasporto dei gasi nel sangue	=	+	+ + +	+	=

Le variazioni indicate si riferiscono ai valori standard del soggetto non allenato.

Simboli adottati:

=	nessuna variazione
+	modico aumento
+ +	discreto aumento
+ + +	grande aumento
—	modica diminuzione
— —	discreta diminuzione
— — —	grande diminuzione

## RÉSUMÉ

Les auteurs font un étude sur les mécanismes d'adaptation du fonctionnalisme respiratoire à l'effort et en spécial à l'effort réalisé dans des spéciales conditions bioclimatologiques d'altitude. Il est déjà traditionnel l'apportation italienne dans ces exposés.

Ils remarquent une différence entre ce qui concerne aux exigences du rendement des différents sports et les conditions biologiques spéciales avec lesquels on les pratique.

Ils remarquent aussi la répercussion qu'elles ont sur le fonctionnelisme respiratoire et la particulière adaptation de ce fonctionnelisme à les besoins créés par le travail sportif réalisé.

Ils signalent les différences bio-fonctionnelles entre les sujets entraînés et les sujets non entraînés. Ils constatent une amélioration de la capacité d'adaptation chez les athlètes entraînés qui pratiquent des sports aérobies, sans mépriser l'indéniable influence d'autres organes et systèmes.

Ils signalent l'importante contribution italienne dans les études sur l'influence de l'altitude dans les mécanismes d'adaptation respiratoire.

## RESUMEN

Los autores enfocan su trabajo hacia los mecanismos de adaptación del funcionalismo respiratorio al esfuerzo, y en particular al realizado en especiales condiciones bioclimatológicas de altura: La aportación italiana a estas cuestiones es ya tradicional.

En principio hacen una distinción en cuanto a las exigencias de rendimiento de los diferentes deportes y las especiales condiciones biológicas en que se realizan, con especial atención a su repercusión en el funcionalismo respiratorio y a la peculiar adaptación de éste a las necesidades impuestas por el tipo de trabajo deportivo realizado.

Señalan las diferencias bio-funcionales entre sujetos entrenados y no entrenados, y de aquéllos la mejor capacidad de adaptación respiratoria de los que practican deportes aerobios, sin desdeñar la innegable influencia de otros órganos y sistemas.

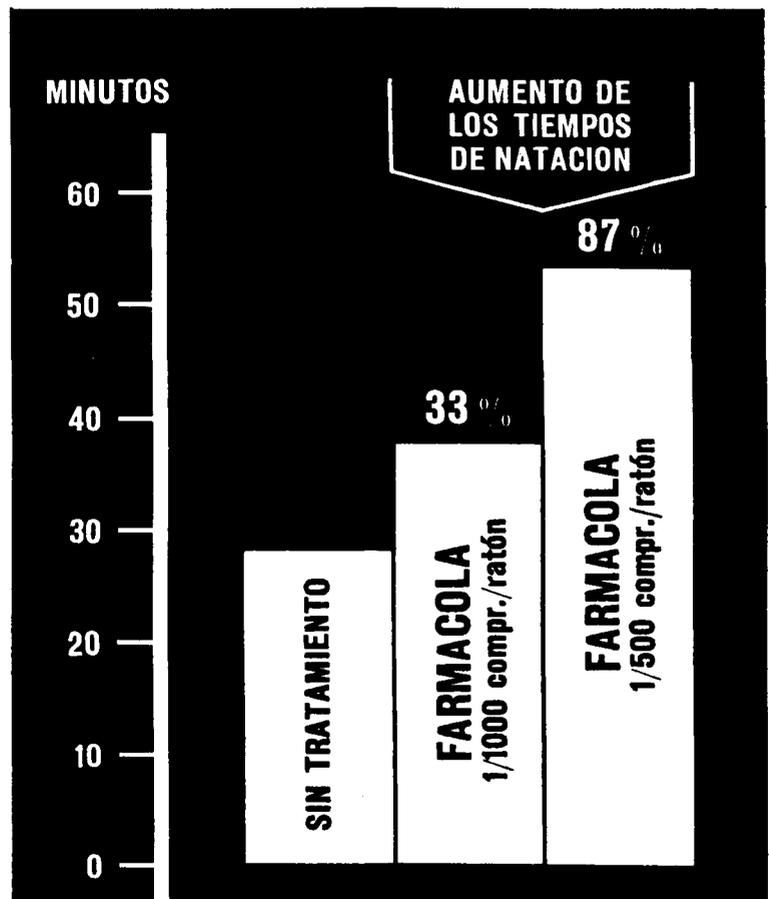
Terminan señalando la importante aportación italiana a los estudios llevados a cabo sobre la influencia de la altura en los mecanismos de adaptación respiratoria.

# Farmacola

DEFATIGANTE NEURO-MUSCULAR EFERVESCENTE DE ACCION FISIOLOGICA

**Prueba de resistencia a la fatiga realizada en el departamento de Farmacología del Laboratorio Dr. Andreu**

Se obligó a nadar hasta fatiga total varios lotes de ratones, anotando los tiempos de natación. Al día siguiente se les administró FARMACOLA y se repitió la prueba, comprobándose una notable prolongación de los tiempos de natación.



Cada comprimido contiene: Aspartato potásico, 150 mg; aspartato magnésico, 150 mg; ATP disódico, 2 mg; glucosa anh. 1000 mg; vitamina C, 500 mg; tintura nuez cola, 100 mg, reforzada hasta 20 mg de cafeína. En tubos de 10 comprimidos (2-3 al día disueltos en medio vaso de agua).