

## La respirazione

Il metabolismo dei tessuti si accompagna sempre al consumo di ossigeno e produzione di anidride carbonica, per questo l'attività vitale di tutti gli organismi comporta scambi gassosi che costituiscono la respirazione.

I polmoni sono gli organi essenziali dell'apparato respiratorio dell'uomo, è in essi che si compie il fenomeno dell'ematosi cioè la trasformazione del sangue venoso in sangue arterioso.

I polmoni sono situati nella cavità toracica le cui pareti si modellano esattamente su di essi. Separati dai visceri addominali dal diaframma, sono a loro volta separati, sulla linea mediana, da una serie di organi o formazioni questo insieme prende il nome di mediastino.

Il polmone è costituito da un sistema di piccole cavità ove s'impegna l'aria atmosferica, il suo volume varia con il variare della quantità d'aria che contengono. Il volume dei due polmoni non è esattamente lo stesso; il polmone destro a causa della sporgenza che forma il lobo destro del fegato discende un po' meno in basso del polmone sinistro. Quest'ultimo è fortemente depresso dal cuore e ha un diametro trasverso inferiore. In conclusione il valore del polmone destro supera quello del sinistro di circa 1/5.

Il polmone del neonato, che non ha ancora respirato, non occupa che una piccola parte della gabbia toracica. Quando ha inizio la respirazione, l'aria penetra nel torace, il polmone, fino ad allora compatto, si allarga in tutti i sensi.

Lo sviluppo della massa polmonare non è in relazione ne' con la statura ne' con lo stato di nutrizione del soggetto ma con la capacità del torace; il volume è più considerevole nell'uomo che nella donna.

Nel feto che non ha ancora respirato i polmoni pesano in media 65g, quando si stabilisce regolarmente la funzione respiratoria 90g per un peso totale di 3500g cioè si passa da un rapporto di 1/53 a 1/37. Nell'adulto il peso assoluto dei due polmoni varia da 900 a 1300g con una media di 1100g (600g il destro 500g il sinistro). Il peso specifico nel feto che non ha ancora respirato è in media 1.068 nell'adulto medio 0.490.

La capacità polmonare è determinata dai seguenti valori d'aria:

- 1) volume corrente: volume dell'aria che entra (ed esce) in un atto respiratorio (300- 500 cc circa)
- 2) volume di riserva inspiratoria: quantità massima di aria che può essere inspirata con una respirazione forzata al termine di una inspirazione normale (2000 – 2500 cc circa)
- 3) volume di riserva espiratoria: quantità di aria che può essere espirata con espirazione forzata al termine di una espirazione normale (1000 - 1500 cc circa)
- 4) volume residuo: quantità d'aria che rimane nei polmoni al termine di una espirazione forzata (1500 cc circa).

volume corrente + volume di riserva inspiratoria + volume riserva espiratoria determinano la capacità vitale (tra 3500 e 4000 cc).

L'aria in circolazione durante la respirazione normale è circa 300 - 500 cm<sup>3</sup>, parte dell'aria inspirata non arriva nella zona respiratoria ma resta nelle vie respiratorie imm modificata e ammonta a circa 150 cc; se il volume corrente è di 300 cc metà viene espulsa imm modificata.

Gli alveoli polmonari , rappresentano la parte terminale dell'albero bronchiale adibita agli scambi respiratori. Sono numerosissimi, più di 400 milioni nei due polmoni. La superficie degli alveoli polmonari misura circa 81 mq cioè 84 volte la superficie del corpo. Sono ricoperti da un epitelio detto respiratorio dello spessore inferiore a 2 millimicron.

Lo scambio negli alveoli avviene per diffusione e sottostà alla legge di Henry in quanto è determinata dalla differenza tra la pressione dell'aria alveolare e la pressione del sangue nei capillari polmonari.

La composizione dell'aria alveolare è diversa da quella atmosferica perché a contatto con il sangue venoso si arricchisce di CO<sub>2</sub>.. e si impoverisce di O<sub>2</sub>.. Perciò l'atto respiratorio sostituisce di volta in volta l'aria alveolare:

		aria atmosferica	aria durante atto respiratorio
Azoto	N <sub>2</sub>	78,03%	80,40%
Ossigeno	O <sub>2</sub>	20,94%	14,00%
Anidride carbonica	CO <sub>2</sub>	0,03%	5,60%
Gas rari		1,00%	

Guardando i valori riportati nelle due tabelle, viene spontaneo rilevare che con l'iperventilazione si debba sottrarre al miscuglio alveolare il maggior volume di aria "viziata" possibile rimpiazzandola con un corrispondente volume di aria atmosferica.

Fatte queste considerazioni sull'aspetto anatomico e fisiologico della funzione polmonare, passiamo ad analizzare l'influenza che ha sull'apnea la manovra dell'iperventilazione.

L'apnea si svolge contro le regole della fisiologia umana: viene richiesta un'attività muscolare ad un individuo che in quel momento ha cessato la sua respirazione, per cui nel suo organismo entrano in funzione dei riflessi volti al metabolismo, ad amministrare l'ossigeno nel modo più razionale.

La possibilità di trattenere il respiro dipende non solo da questioni fisiologiche ma anche da un condizionamento psicologico e dall'allenamento, nonché dagli accorgimenti che la tecnica mette a disposizione.

L'apnea sportiva può essere definita come l'arresto volontario dei movimenti respiratori. Dopo un periodo di tempo variabile da individuo ad individuo si incominceranno a sentire i sintomi psicologici e fisici del rapido aumento del tasso di anidride carbonica e della mancanza di ossigeno. Se la risalita inizia a questo punto vi è ancora una saturazione di ossigeno nel sangue sufficiente al fabbisogno dei tessuti nervosi e i livelli di anidride carbonica non saranno ancora tossici al punto di provocare una crisi sincopale. Se si forza ancora l'apnea, che è possibile per la maggiore diffusione dell'ossigeno endopolmonare pressurizzato per la profondità, assisteremo nel corso della risalita al fenomeno che la tensione dell'ossigeno alveolare si abbasserà notevolmente mentre aumenterà la quantità di anidride carbonica e acido lattico.

I pericoli aumentano se l'apneista ha effettuato una iperventilazione forzata e prolungata perché l'abbassamento troppo spinto della pressione parziale dell'anidride carbonica ritarda eccessivamente la risposta dei centri bulbari con conseguente ipossia che condurrà alla perdita di coscienza, arresto respiratorio e cardiaco.

L'iperventilazione consiste in respiri molto profondi sia nella fase espiratoria che in quella inspiratoria che comportano, ad ogni atto, il ricambio il più totale possibile della capacità vitale (descritta precedentemente); non è necessario un ritmo frenetico, anzi, più si rimane calmi e rilassati più si ottiene un buon risultato.

L'iperventilazione è decarbonizzazione perché non serve tanto ad ossigenarsi, quanto a ridurre la concentrazione di anidride carbonica. L'eliminazione dell'anidride carbonica è importante in quanto, dalla quantità di questo gas presente nell'organismo, dipende l'intensità degli stimoli riflessi che eccitano l'attività respiratoria. Il calo di anidride carbonica causa anche il contemporaneo spostamento del pH del sangue verso l'alcalino; prolungando l'iperventilazione intervengono quei sintomi che attestano un chiaro stato di sofferenza del sistema nervoso, ad un pH che si sposta verso l'alcalinità l'emoglobina cede sempre meno ossigeno per cui il sistema nervoso finisce con non funzionare più.

Una iperventilazione moderata produrrà l'effetto di allungare l'apnea mentre una protratta per molto tempo potrà anche eliminare completamente gli stimoli involontari che chiedono la ripresa della respirazione; in tal modo si aumenta il rischio di venire colti da sincope durante la risalita. Lunghi periodi di iperventilazione possono essere sopportati solo da soggetti che abbiano un lungo allenamento alle spalle.

Maiorca afferma che bisogna utilizzare il naso per l'inspirazione e la bocca per l'espirazione e respirare attraverso l'aeratore solo per gli ultimi due atti respiratori, bisogna riempire al massimo e

lentamente i polmoni espandendo bene il torace, dopo due o tre secondi di apnea, effettuare una espirazione completa per un totale di quattro atti respiratori al minuto.

Dal momento che l'iperventilazione dipende molto da fattori soggettivi, è il caso di effettuare alcune prove per determinare quando si verificano i primi sintomi di formicolio agli arti, capogiro ecc. e sapere dopo quanto tempo e quanti atti respiratori si manifestano per non giungere a tale soglia.

Di norma, visto che la posizione migliore per effettuare l'iperventilazione è quella orizzontale a pelo dell'acqua, il naso non partecipa all'azione. La durata media non deve superare i due minuti (intercalando gli atti respiratori alla massima inspirazione con apnee di tre, quattro secondi), le pause vanno allungate quando ci si avvicina alla fine dell'iperventilazione fino a fermarsi un momento prima di riempire per l'ultima volta i polmoni. A questo punto bisogna immergersi con molta decisione senza ripensamenti.

In teoria la massima velocità di decarbonizzazione si potrebbe ottenere ritmo il più elevato possibile, con il più alto volume/minuto di ventilazione. Però questo è un impegno troppo gravoso che l'apparato respiratorio non è in grado di sopportare e, inoltre, comporterebbe subito quei fenomeni di formicolio, capogiro, vertigine e svenimento: l'iperventilazione va quindi dosata.

Uno dei rischi principali connessi all'apnea è la sincope da apnea prolungata causata in primo luogo dall'eccessivo accumulo di anidride carbonica e dal consumo di ossigeno.

La sincope ipossica da risalita si determina per la repentina caduta della pressione parziale dell'ossigeno che si verifica in prossimità della superficie (l'ossigeno era già giunto a livelli percentuali piuttosto bassi e la sua diffusione nel sangue e nei tessuti era garantita dalla pressione idrostatica presente in profondità) mentre l'accumulo di anidride carbonica provoca l'arresto cardiocircolatorio e respiratorio.

Se non si iperventila, si ha prima la sincope da ipercapnia e a differenza della sincope da ipossia, che non da sintomi apprezzabili, l'aumento dell'anidride carbonica stimola sempre più intensamente i centri bulbari in modo che vi siano impulsi nervosi che inducono i muscoli della respirazione a riprenderla. Questi tentativi si manifestano con contrazioni che indicano l'avvicinarsi del punto critico di accumulo di CO<sub>2</sub>.

In ultimo citiamo la sincope da ipocapnia che, seppure possibile, non si è mai verificata perché si dovrebbe manifestare dopo iperventilazioni lunghissime che non hanno alcun vantaggio pratico, in soggetti non allenati.

Concludendo, dopo aver letto vari articoli e consultato alcuni testi, chiaramente spesso in contraddizione a seconda degli autori, in quanto si passa da posizioni tipo quelle sostenute da Maiorca che esaspera l'iperventilazione (e ciò è comprensibile in quanto la sua attività è rivolta ai record sportivi) anche se poi consiglia prudenza, a posizioni che considerano l'apnea dannosa e l'iperventilazione pericolosissima, viene spontaneo esprimere un giudizio personale.

Chiaramente l'apnea rappresenta una condizione non naturale per questo si deve affrontare rispettando tutta una serie di precauzioni che la devono portare ad essere una pratica sicura. Pertanto l'iperventilazione va effettuata ma con estrema cautela, nel rispetto di norme di autocontrollo rigoroso: alcuni atti respiratori forzati oltre a dare una certa sicurezza collegata alla concentrazione su quello che si sta facendo, permettono anche l'allontanamento di una parte di anidride carbonica senza però allontanare in maniera sensibile lo stimolo respiratorio, primo campanello d'allarme per la risalita. Quindi, prima di tutto conoscersi, sapere quali sono i nostri limiti, le nostre condizioni psicofisiche, ma anche le nostre potenzialità per effettuare sempre immersioni in massima sicurezza.