



La ventilazione polmonare
a cura di Antonio Incandela

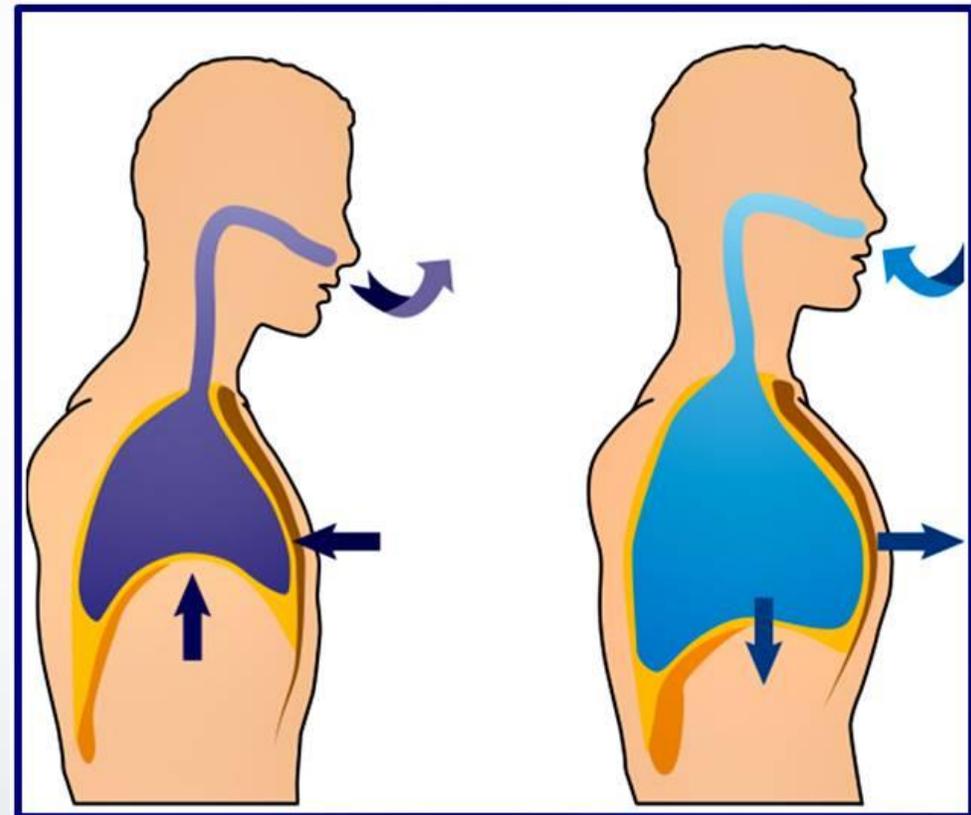
Il respiro consta di un ciclo ripetitivo di atti inspiratori ed espiratori che genera un flusso d'aria tra atmosfera e polmoni mantenuto da differenze di pressione

Inspirazione

L'aria entra nelle vie respiratorie quando la pressione atmosferica è maggiore rispetto a quella che caratterizza i polmoni

Espirazione

L'aria esce dalle vie respiratorie quando la pressione all'interno dei polmoni è maggiore della pressione atmosferica.



Variazioni di pressione durante la ventilazione

A **riposo**, prima di un'inspirazione, la pressione dell'aria nei polmoni = pressione atmosferica (circa 760 mmHg a livello del mare)

La contrazione e il rilassamento del diaframma e dei muscoli intercostali modificano il volume della gabbia toracica, generando una differenza di pressione che determina un flusso di aria tra esterno ed interno e viceversa

Durante l'**inspirazione** la pressione alveolare diminuisce a 758 mmHg e l'aria fluisce da pressione maggiore (atmosfera) a pressione minore (dentro i polmoni)

Tale diminuzione è conseguenza di una **contrazione** dei **muscoli intercostali** e del **diaframma** che provoca:

- 1- espansione cavità toracica
- 2- diminuzione pressione alveolare (legge di Boyle $P \cdot V = K$)

Durante l'**espirazione** il ritorno elastico dei polmoni riduce il volume polmonare, la pressione alveolare aumenta fino a 762 mmHg e l'aria fluisce da pressione maggiore (alveoli) a pressione minore (atmosfera)

Tale aumento è conseguenza di un **rilassamento** dei **muscoli intercostali** e del **diaframma** che provoca:

- 1- restrizione cavità toracica
- 2- aumento pressione alveolare (legge di Boyle $P \cdot V = K$)

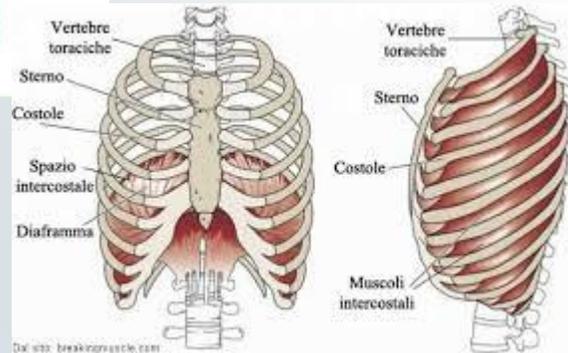
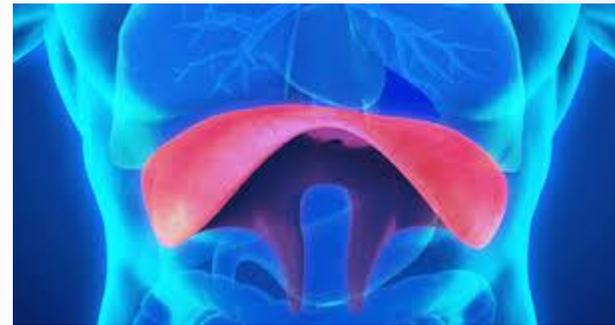
Inspirazione



Fase della respirazione in cui si introduce aria nell'apparato respiratorio.

Trattasi di un **processo attivo** causato dalla espansione della gabbia toracica dovuta alla contrazione dei muscoli respiratori:

- muscoli intercostali esterni
- diaframma



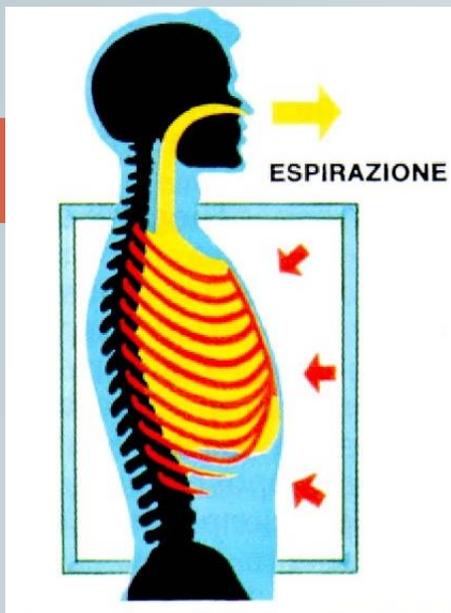
I **muscoli intercostali** sono muscoli che si estendono tra le costole, la cui contrazione determina un trascinamento delle costole verso l'alto e verso l'esterno. I polmoni, ancorati alle costole, le seguono e, in tal modo, si produce un aumento del volume polmonare.

Il **diaframma** è un muscolo scheletrico a forma di cupola a convessità superiore, che costituisce il pavimento della cavità toracica.

Quando riceve impulsi dai **nervi frenici** si contrae, si abbassa e si appiattisce, ampliando, in tal modo, il volume dei polmoni.

La sua contrazione è responsabile del 75% dell'aria che entra nei polmoni durante una normale inspirazione.

Espirazione



Fase della respirazione durante la quale l'aria contenuta nei polmoni viene emessa all'esterno attraverso le vie aeree.

Trattasi di un processo **passivo** dovuto al rilassamento dei muscoli inspiratori e al ritorno elastico delle pareti toraciche alla primitiva posizione.

L'**espirazione forzata** è un processo attivo determinato dalla contrazione dei muscoli dell'espirazione:

- intercostali interni
- addominali (obliquo esterno, obliquo interno, trasverso dell'addome, retto addominale)

La loro contrazione determina uno scivolamento delle coste inferiori verso il basso, la compressione dei visceri addominali e una spinta forzata del diaframma verso l'alto.

❖ Si verifica, ad esempio, durante una spirometria, un esercizio fisico o nel suonare uno strumento a fiato



alcune definizioni.....

- ✓ Frequenza respiratoria
- ✓ Volume corrente (TIDAL)
- ✓ Volume di riserva inspiratoria
- ✓ Volume di riserva espiratoria
- ✓ Volume residuo
- ✓ Capacità vitale
- ✓ Capacità polmonare totale
- ✓ Capacità inspiratoria
- ✓ Capacità funzionale residua
- ✓ Ventilazione polmonare



La **frequenza respiratoria** consiste nel numero di atti respiratori che un individuo compie nell'arco di un minuto.

In un individuo a riposo, la frequenza degli atti respiratori è correlata all'estensione della propria superficie respiratoria; essa, pertanto, tende a diminuire con l'età:

- nel neonato e per il primo anno di età è di circa 40 atti respiratori al minuto
- nei bambini è di circa 20-30 atti respiratori al minuto e diminuisce progressivamente
- negli adulti si attesta intorno ai 12-18 atti respiratori al minuto
- negli anziani la frequenza aumenta, anche se in misura modesta, a causa della perdita di elasticità dei polmoni.

Oltre che in relazione all'età, i valori della frequenza respiratoria possono variare in relazione:

- all'attività fisica svolta
- alla taglia corporea
- al sesso (maggiore nelle donne rispetto agli uomini, a causa di una loro minore capacità polmonare)
- alla postura (aumenta in posizione orizzontale, in quanto tale posizione non permette la completa espansione del torace)
- alla temperatura ambientale
- alla quantità di ossigeno (aumenta in ambienti rarefatti di ossigeno, come quelli di alta montagna)
- alle condizioni di salute (aumenta negli stati febbrili)

Tachipnea

Si definisce **tachipnea** un aumento della frequenza respiratoria oltre i limiti fisiologici. La condizione produce respiri più brevi, mentre nella **iperpnea** (spesso ad essa associata) gli atti respiratori aumentano di profondità.

La tachipnea può accompagnare:

- ❖ gli ultimi mesi di gravidanza
- ❖ particolari stati emotivi
- ❖ l'ipertiroidismo
- ❖ l'anemia
- ❖ lo scompenso cardiaco
- ❖ le sindromi dolorose della pleura o della parete toracica



Bradipnea

Si definisce **bradipnea** una diminuzione della frequenza respiratoria al di sotto dei limiti fisiologici:

- < 12 respiri al minuto nell'adulto
- < 20 respiri/minuto nel bambino di 3-12 anni
- < 25 respiri/minuto nel bambino di 1-3 anni
- < 30 respiri/minuto sotto l'anno di età.

Evento del tutto fisiologico durante il sonno, la riduzione della frequenza respiratoria si osserva tipicamente nell'intossicazione da alcol o da oppiacei.



La **dispnea**, o “sindrome di Capaldo” è il sintomo di una respirazione difficoltosa.

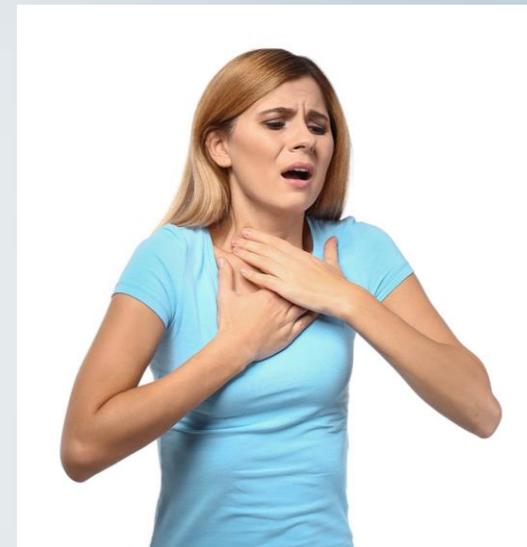
Si tratta di un sintomo normale quando si compie uno sforzo pesante, ma diventa patologico se si verifica in situazioni inaspettate.

Essa viene classificata come:

Accessionale: quando insorge improvvisamente, come può accadere nell'asma.

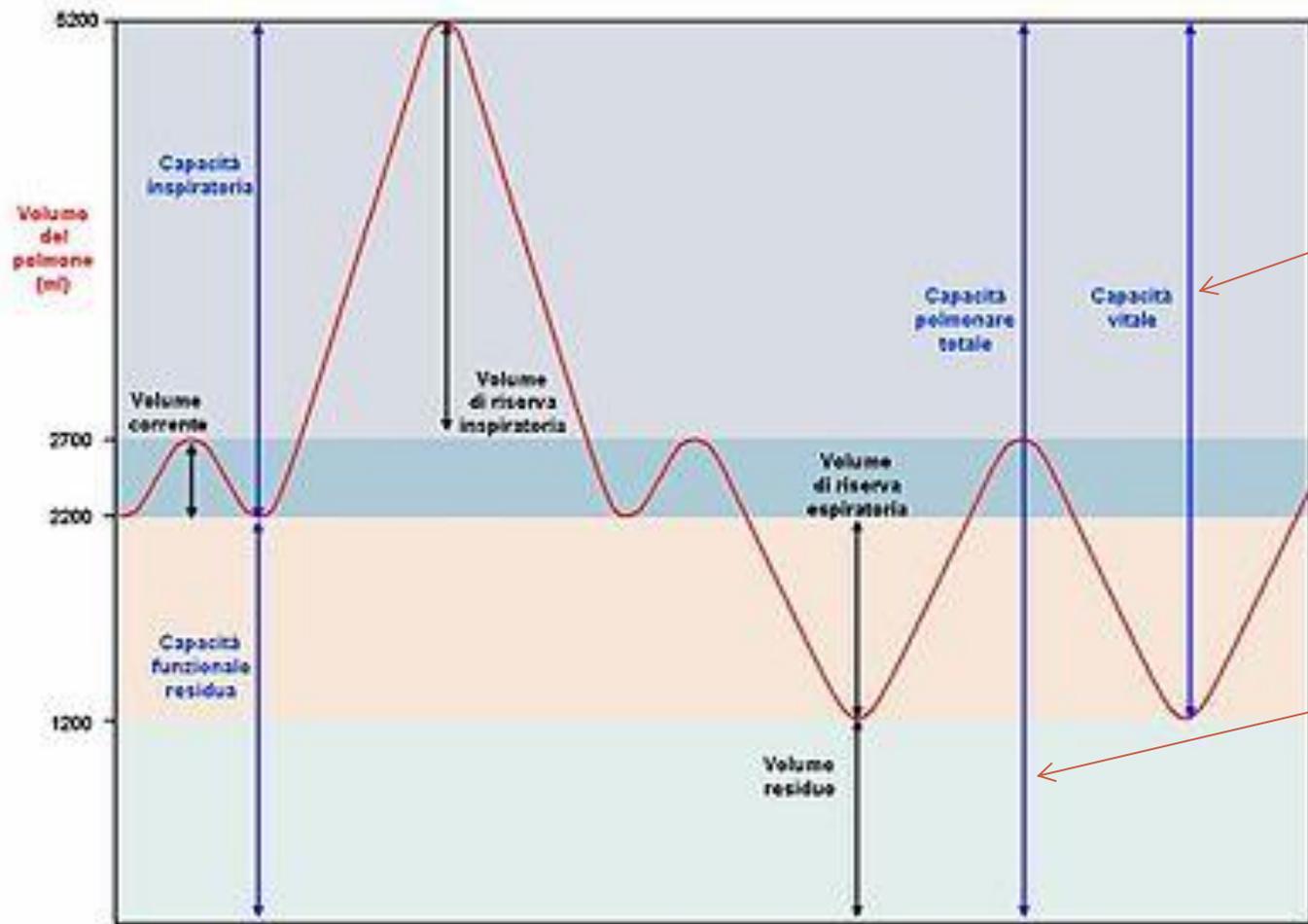
Da sforzo: quando insorge durante un'attività fisica più o meno intensa e si risolve con il riposo.

Continua: se presente costantemente. Può essere causata da scompenso cardiaco o da gravi insufficienze respiratorie



- **Volume Corrente** (VC): quantità d'aria che viene mobilizzata in ciascun atto respiratorio non forzato e a riposo (300-500 ml).
- **Volume di Riserva Inspiratorio** (VRI): quantità massima di aria che, dopo un'inspirazione normale, può essere ancora introdotta nei polmoni con una inspirazione forzata (2000-3000 ml).
- **Volume di Riserva Espiratorio** (VRE): quantità massima di aria che, dopo un'espirazione normale, può essere ancora espulsa grazie ad una espirazione forzata (1200-1500 ml).
- **Volume Residuo** (VR): è l'aria che resta nei polmoni anche a seguito di un'espirazione forzata (1200 ml). Un suo aumento è segno di iperdistensione polmonare da broncocostrizione o di enfisema polmonare. È una grandezza molto importante in medicina legale, in quanto l'assenza di questa aria residua è indice di morte per soffocamento.

I volumi polmonari, le capacità polmonari, nonché il grado di apertura dei bronchi, vengono valutati grazie alla **spirometria**, il più comune esame della funzione respiratoria, eseguita con l'ausilio di uno strumento chiamato spirometro



Capacità polmonari

una somma di volumi

Capacità vitale: è la somma del Volume Corrente, più quello di Riserva Inspiratorio e quello di Riserva Espiratorio.

$$VC + VRI + VRE$$

È la massima quantità di aria che può essere mobilizzata in un singolo atto respiratorio, partendo da una inspirazione forzata massima e arrivando ad una espirazione forzata massima.

Capacità polmonare totale: somma della Capacità Vitale più il Volume Residuo.

$$CV + VR$$

È la massima quantità di aria che può essere contenuta nei polmoni.

Capacità inspiratoria: somma del Volume Corrente più il Volume di Riserva Inspiratorio.

$$VC + VRI$$

È la quantità massima di aria che si può inspirare partendo da una espirazione normale non forzata.

Capacità funzionale residua: somma della Riserva Espiratoria e del Volume Residuo.

$$RE + VR$$

È la quantità di aria che resta nel nostro apparato respiratorio dopo una espirazione normale.

La **ventilazione polmonare** rappresenta la quantità di aria che, in un minuto, entra o esce dai polmoni.

Pertanto, il suo valore viene determinato dalla seguente relazione:

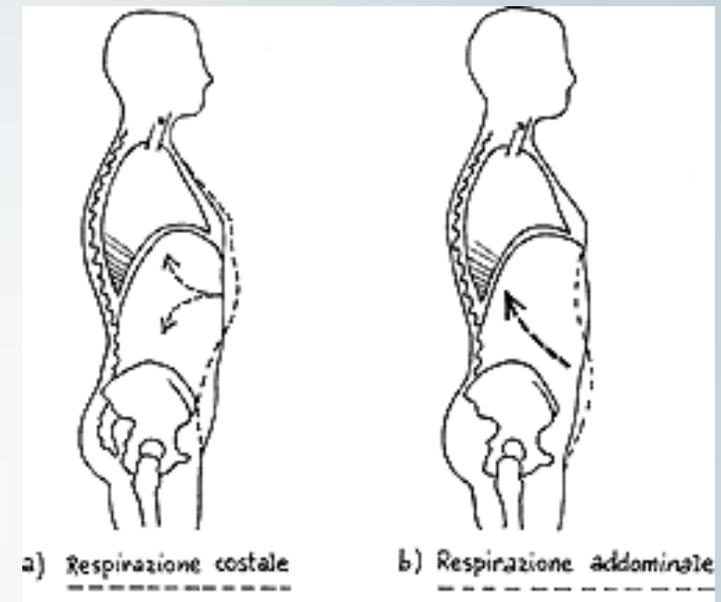
$$\text{Ventilazione polmonare} = \text{Volume corrente} \times \text{Frequenza respiratoria}$$

Il suo valore varia a seconda del sesso, dell'età, della corporatura e dell'attività fisica.

Una respirazione tranquilla è definita **eupnea**, che consiste di respiri superficiali, profondi e combinati.

Una successione di respiri superficiali (toracici) è chiamata **respirazione toracica o costale**, dovuta alla contrazione dei muscoli intercostali esterni. Consiste di movimenti del torace verso l'alto e verso il basso ed è tipica delle donne e dei bambini.

Una successione di respiri profondi (addominali) è detta **respirazione addominale o diaframmatica**, dovuta al movimento verso l'esterno dell'addome conseguenza della contrazione e dell'abbassamento del diaframma. Essa è tipica dei neonati e degli uomini.



Alterazioni dei movimenti respiratori

Il normale ritmo respiratorio può essere alterato per permettere l'espressione di emozioni (pianto o risata), come pure per consentire l'espulsione di materiali estranei dalle vie aeree (tosse e starnuto).

Tali movimenti respiratori modificati sono, per lo più, riflessi, potendo alcuni di essi iniziare anche volontariamente

Tosse: inspirazione profonda seguita da violenta espirazione. Si tratta di un atto riflesso stimolato da un corpo estraneo presente nelle vie aeree superiori

Starnuto: contrazione spasmodica dei muscoli espiratori che espellono aria e saliva in modo forzato attraverso naso e bocca. Atto riflesso stimolato da irritazione della mucosa nasale allo scopo di espellere batteri o sostanze irritanti intrappolate nel muco

Sospiro: inspirazione prolungata e profonda seguita da espirazione breve ma potente

Sbadiglio: inspirazione profonda a bocca aperta con abbassamento eccessivo della mandibola, stimolata da noia, fame, sonnolenza, stanchezza, o dal vedere qualcuno che sbadiglia. Causa sconosciuta



Pianto: inspirazione seguita da molte brevi espirazioni convulse, con vibrazione delle corde vocali, espressioni facciali e lacrime.



Risata: presenta gli stessi movimenti di base del pianto ma con ritmo dei movimenti ed espressioni facciali diverse provocate dalle diverse contrazioni dei muscoli mimici.



Singhiozzo: contrazione spasmodica del diaframma seguita da spasmo della laringe che produce un suono secco quando si inspira, provocata da irritazione delle terminazioni nervose sensitive del tratto gastro-intestinale o del diaframma.

