

Unità di simulazione avanzata



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

# DISBARISMO

ASPETTI FISIologici DEL VOLO

DOTT. FABIO BIGNAMI  
(UFFICIALE MEDICO AM)





# DISBARISMO

**condizione medica risultante dalla variazione  
della pressione ambientale**



# Sommario

- **BAROTRAUMA**
- **MALATTIA DA DECOMPRESSIONE**
- **DECOMPRESSIONE RAPIDA**

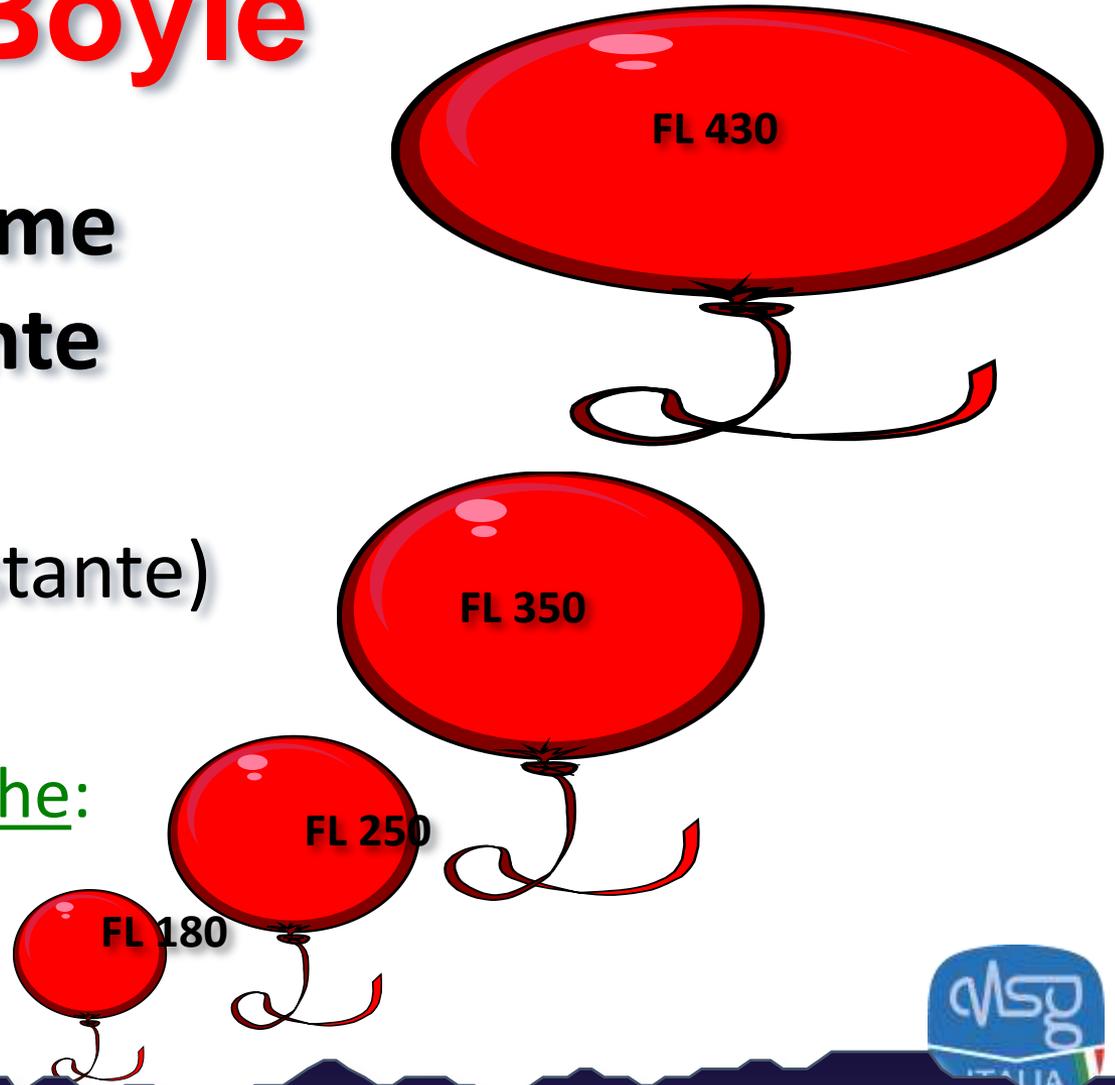
# BAROTRAUMA

**Problemi dovuti all'intrappolamento  
di gas corporei in cavità**

# Legge di Boyle

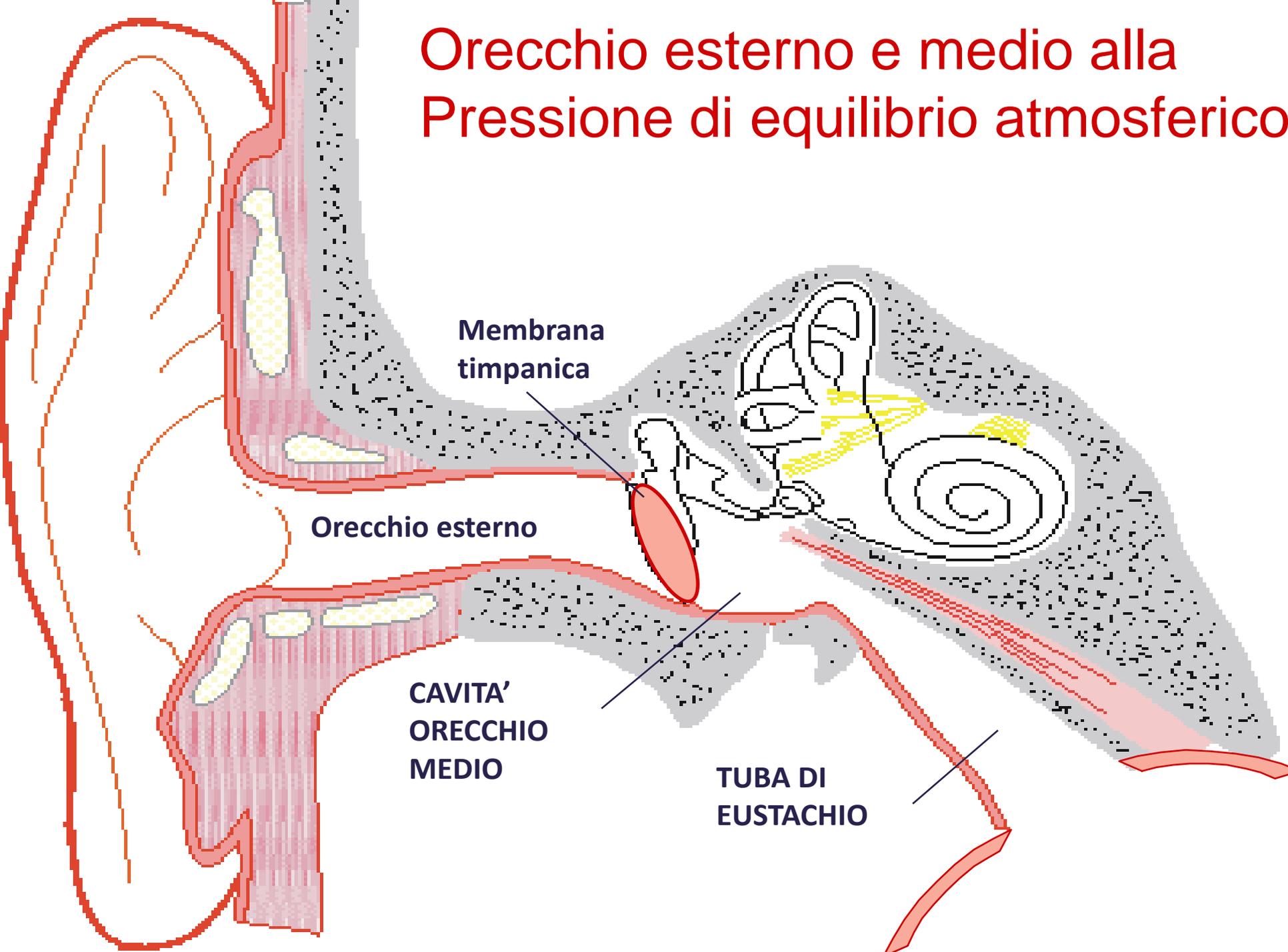
**Pressione e volume  
sono inversamente  
correlate  
(a temperatura costante)**

Conseguenze fisiologiche:  
Barotrauma



Livello del mare

# Orecchio esterno e medio alla Pressione di equilibrio atmosferico



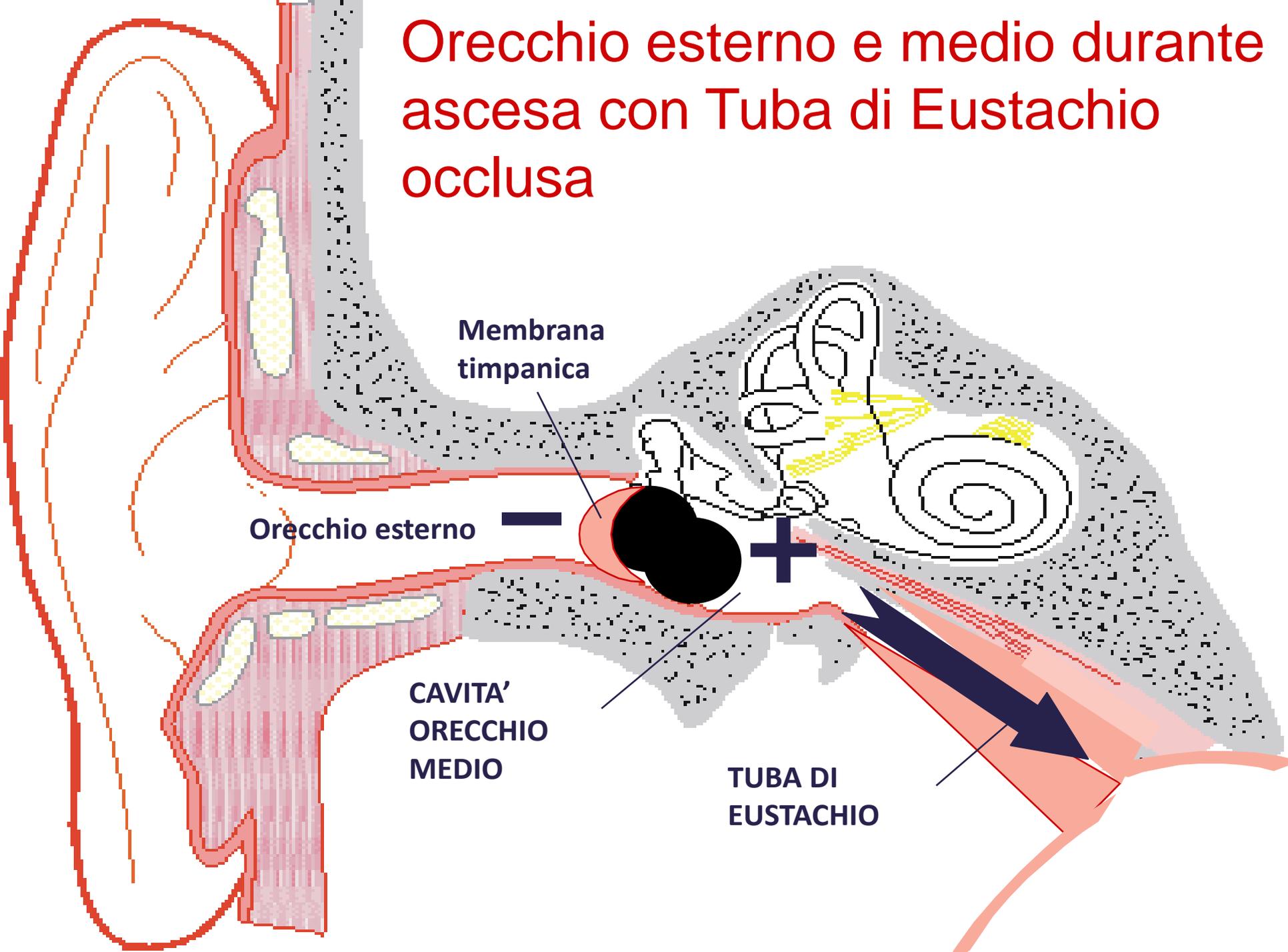
Membrana timpanica

Orecchio esterno

CAVITA' ORECCHIO MEDIO

TUBA DI EUSTACHIO

# Orecchio esterno e medio durante ascesa con Tuba di Eustachio occlusa



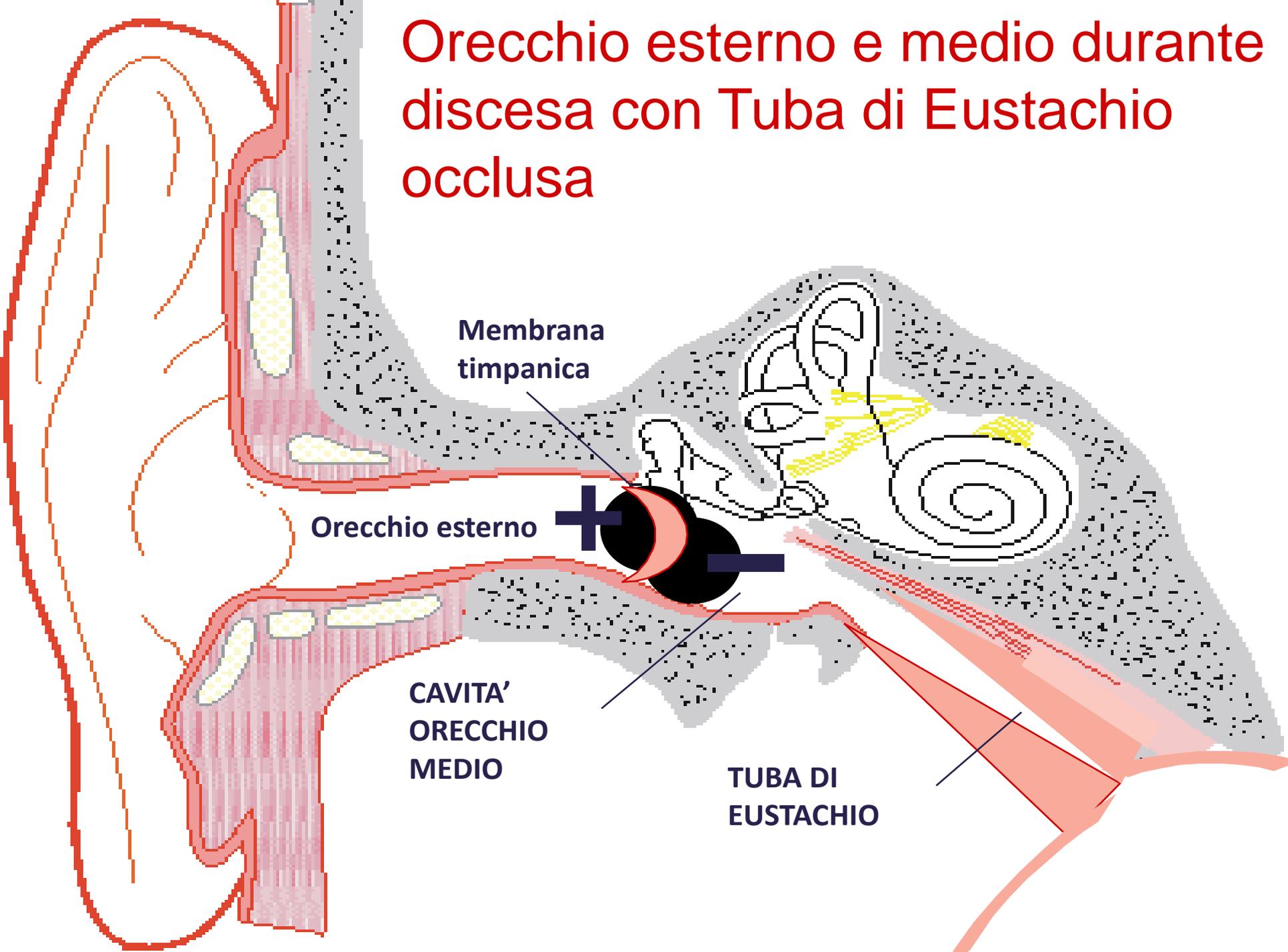
Membrana timpanica

Orecchio esterno -

CAVITA' ORECCHIO MEDIO

TUBA DI EUSTACHIO

# Orecchio esterno e medio durante discesa con Tuba di Eustachio occlusa



Membrana timpanica

Orecchio esterno

CAVITA' ORECCHIO MEDIO

TUBA DI EUSTACHIO

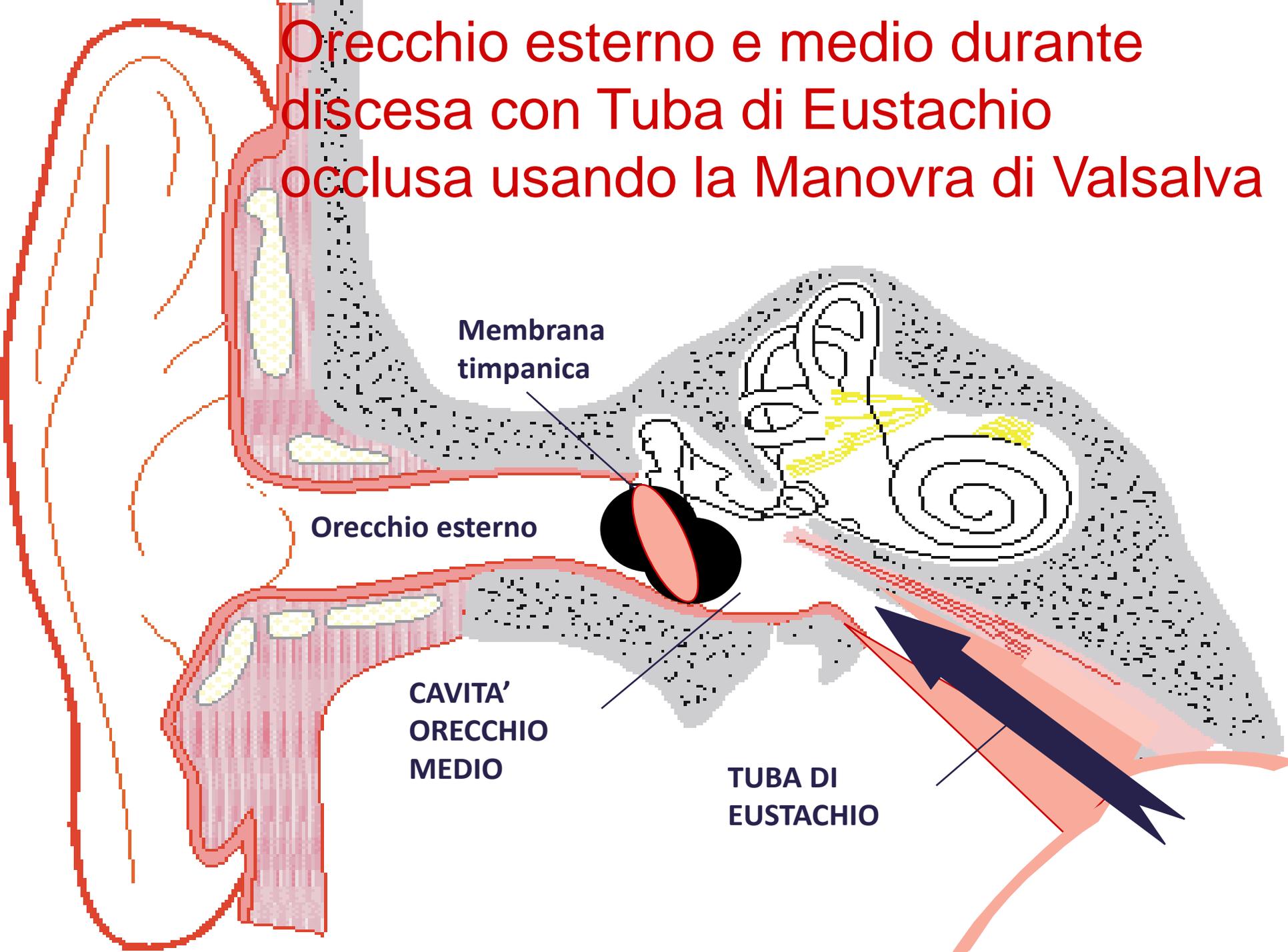
## SINTOMI

- Senso di pienezza, dolore di media intensità, ronzii, diminuzione dell'udito
- Versamento siero-emorragico nell'orecchio medio
- Rottura della membrana timpanica
- **NON VOLARE SE SEI RAFFREDDATO!!**

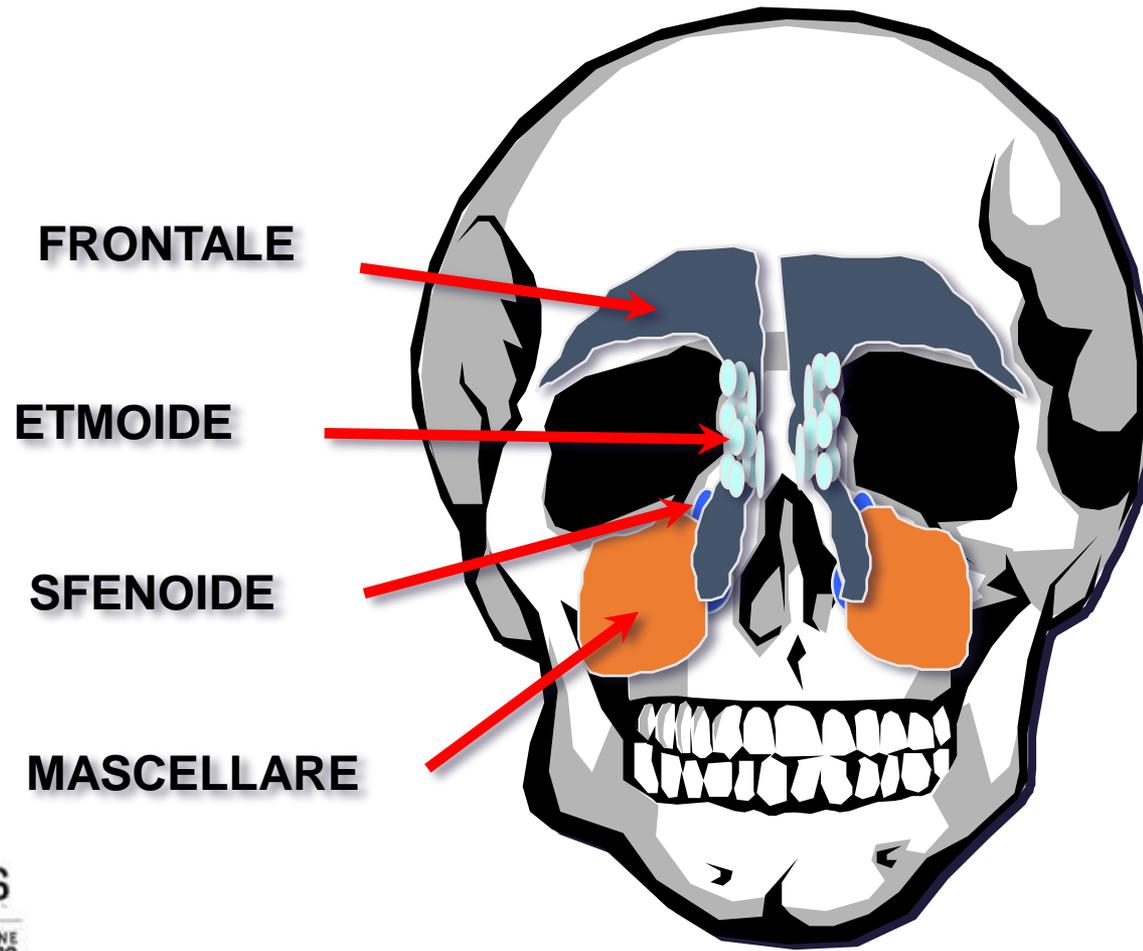
## **PREVENZIONE (manovre di compenso)**

- deglutire
- sbadigliare
- muscoli della gola in tensione
- spostare la testa da lato a lato
- protrudere la mandibola in avanti
- spostare la mandibola da lato a lato
- Manovra di Valsalva

# Orecchio esterno e medio durante discesa con Tuba di Eustachio occlusa usando la Manovra di Valsalva



# SENI PARANASALI



# Barotrauma dei seni paranasali

- Causa: congestione delle vie respiratorie superiori
- Di solito occorrono in discesa
- Possono verificarsi anche in ascesa
- Dolore severo e improvviso
- Può essere presente dolore a livello dell'arcata dentale superiore

# SINTOMATOLOGIA

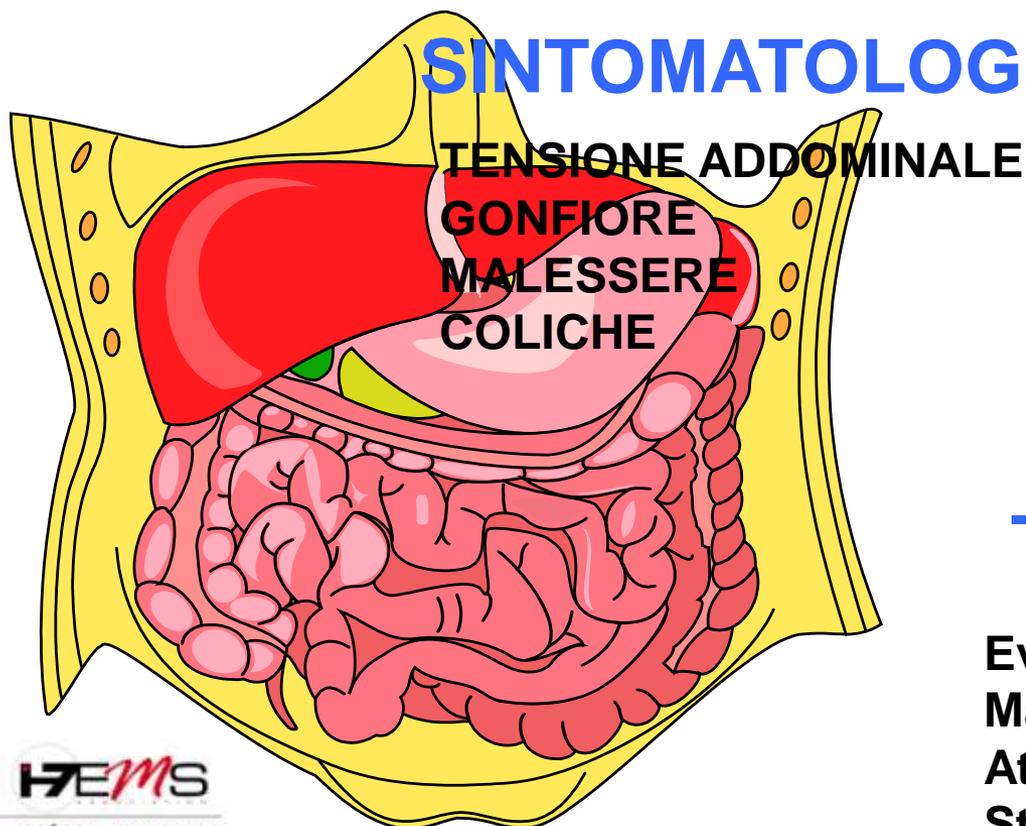
- DOLORE A LIVELLO DEI SENI FRONTALI E MASCELLARI
- AEROSINUSITI

# TRATTAMENTO

- Livellare l'altitudine
- Invertire la direzione del cambio di pressione (se presente dolore)
- Manovra di Valsalva
- Farmaci vasocostrittori

# TRATTO GASTROINTESTINALE

## SINTOMATOLOGIA



## TRATTAMENTO

Evacuare il gas  
Massaggio addominale  
Attività fisica  
Stop ascesa/discesa

# BAROTRAUMA DENTALE CAUSE

- Carie
- Accessi dentali
- Vecchie otturazioni infiltrate
- Tasche e ascessi gengivali
- Medicazioni in corso
- Aria intrappolata sotto otturazioni recenti (raro)

# ODONTALGIA BAROTRAUMATICA

## 1. Salita

- Riduzione pressione esterna
- Aumento pressione interna
- Sintomatologia

## 2. Discesa

- Aumento della pressione esterna
- Riduzione della pressione interna
- Riduzione della sintomatologia

## 3. La sintomatologia si aggrava per rapide ascese

## 4. A volte è presente in rapide discese per piccole cavità per pressione negativa ( raro )

# BAROTRAUMA POLMONARE

- Enfisema mediastinico/sottocutaneo
- Pneumotorace
- Embolia gassosa arteriosa

# MALATTIA DA DECOMPRESSIONE

## PATOGENESI: LEGGE DI HENRY

La quantità di gas in una soluzione varia direttamente con la pressione parziale di quel gas sopra la soluzione

# MALATTIA DA DECOMPRESSIONE

**Quadro clinico determinato dalla  
RIDUZIONE DELLA PRESSIONE  
ATMOSFERICA sufficiente a provocare il  
PASSAGGIO DI UN GAS (azoto), nel  
contesto di un tessuto, DALLO STATO DI  
SOLUBILITA' ALLA FORMA GASSOSA,  
sotto forma di BOLLE**

# Malattia da Decompressione

Nessun problema se il processo di rimozione del gas avviene in modo controllato

TESSUTI      →      SANGUE      →      POLMONI

Se il processo avviene in maniera **INCONTROLLATA**, si riduce la capacità di rimozione del gas



Si sviluppano le bolle nel sangue venoso e nei tessuti  
Ostruzione meccanica alla circolazione da parte delle bolle

# Fattori che condizionano la frequenza e l'entità dei disturbi

- Quota finale raggiunta: si può manifestare fin dai 10000ft, + frequente con aumentare della quota e presente al 50% a 30000ft
- Velocità ascensionale: più rapida più precoci i sintomi
- Durata della permanenza in quota
- Attività fisica: anche modesta ad alta quota aumenta significativamente la frequenza e la severità dei sintomi
- Età e conformazione corporea: anziani, maggior superficie corporea e maggior rapporto peso altezza
- Probabile suscettibilità individuale
- Patologie cardiocircolatorie e polmonari



Volo dopo attività subacquea (immersione singola=12h  
immersioni ripetitive=24h)



# FORME LIEVI (TIPO1)

## Forma osteomiartalgica

- **Dolore articolare - “bends”**
- **Di gran lunga il sintomo piu’ frequente (60-70%)**
- **Interessate le articolazioni di: spalle, gomiti, ginocchia**
- **Interessata un’articolazione per volta**
- **Dolore profondo e urente (tipo distorsione, contusione)**
- **Insorgenza graduale generalmente entro le 6 ore**
- **Diminuisce evitando i movimenti o con la ricompressione**

- **Forma cutanea**

- PRURITO (frequente alle mani, polsi, naso, orecchie), spesso associato ad eruzioni cutanee;
- CUTIS MARMORATA: eritema e cianosi + prurito, al torace e/o alle spalle

- **Forma linfatica**

- Dolore e tumefazione di gruppi di linfonodi
- Blocco linfatico da bolle di gas
- La ricompressione risolve i sintomi

- **Forme minori**

Sintomi tipo: affaticamento, malessere generale, cefalea, anoressia

## FORME GRAVI (TIPO 2)

### Forme neurologiche

- **CEREBRALI**: emiparesi, emiplegia, monoparesi, sintomi sensoriali, vertigine, disturbi visivi, disorientamento spazio-temporale, coma;
- **MIDOLLARI**: (quasi solo in subacquei) spesso dolore “a cintura” toracico o addominale + parestesie, ipoestesiane, anestesiane, paresi o plegie a diversa distribuzione;
- **PERIFERICHE**: interessamento di singoli nervi, compressi dalle bolle in sedi anatomiche anguste;

## *Forma cardiorespiratoria*

- Detta anche “chokes”, molto rara
- Dolore urente retrosternale, tosse secca, dispnea
- Shock, collasso

*Può essere o meno legata a sovradistensione polmonare*

## Forme a carico dell'orecchio

- Vertigini, nausea, vomito, tinnito, perdita dell'udito
- Causata da bolle in orecchio interno
- Molto rara in aviazione

## Embolia arteriosa (AGE)

- Tipica nei sub appena risaliti in superficie (< 10 min) da immersioni a basse profondità' (< 33 piedi)
- Invasione del torrente circolatorio arterioso da bolle di gas
- Insorgenza rapidissima e drammatica: deficit motori e sensitivi, convulsioni, coma
- Necessaria immediata ricompressione
- Molto rara in aviazione

## Norme di primo soccorso

- Paziente in posizione supina per ostacolare la diffusione delle bolle gassose verso i centri superiori;
- Somministrare ossigeno per facilitare la emissione di gas inerte durante la respirazione
- Avvicinarsi il più rapidamente possibile ad un impianto iperbarico.

# PREVENZIONE

## DENITROGENAZIONE PREVENTIVA TRAMITE PREOSSIGENAZIONE

**Inalazione di ossigeno al 100% prima del volo e durante l'ascesa.**

**Il polmone viene lavato con l'ossigeno dall'azoto presente negli alveoli e quindi l'azoto contenuto nei liquidi organici e nel tess. adiposo può con facilità versarsi negli alveoli ed essere eliminato**

# Pressurizzazione della cabina

**La pressurizzazione di una cabina è una tecnica che viene applicata per garantire che la pressione dell'aria all'interno della cabina stessa sia diversa (generalmente più alta) di quella dell'ambiente circostante e il più vicino possibile alla pressione atmosferica al livello del mare, in modo tale da garantire che le condizioni di abitabilità siano favorevoli per l'equipaggio ed i passeggeri, e che l'efficienza degli impianti sia la massima possibile.**

## Metodi convenzionali di pressurizzazione

- **Sist. Isobarico** – La pressione in cabina e' mantenuta ad una altezza costante (AEREI CIVILI)
- **Sist. Isobarico - Differenziale** – La pressione in cabina varia con il variare della quota, mantenendo un differenziale costante (AEREI MILITARI)

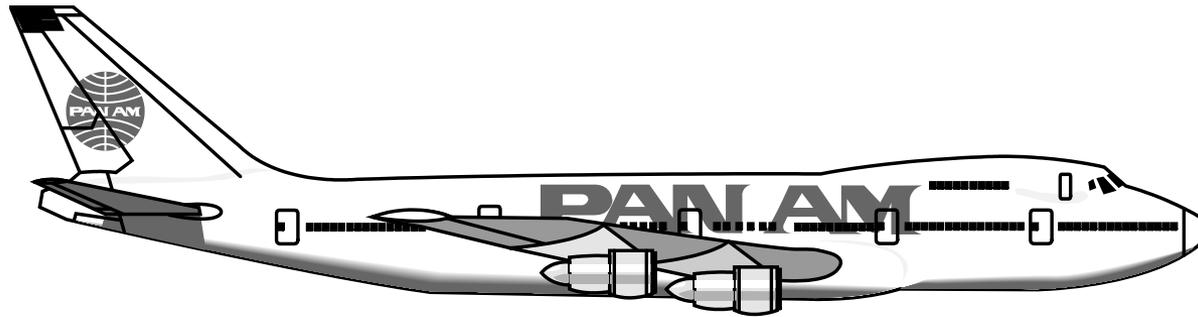
## Vantaggi della Pressurizzazione

- Riduce la possibilità' che si verifichino:
  - Ipossia
  - Decompression Sickness
  - Barotrauma
- Comfort / Mobilità' dei passeggeri
- Controllo Temperatura Cabina

## Svantaggi della pressurizzazione

- Aumento costi operativi
- Aumenta il peso complessivo dell'aereo
- Riduce la performances
- Rischio di decompressione accidentale

# DECOMPRESSIONE della CABINA



# Tipi di Decompressione

- **Decompressione Lenta**
- **Decompressione Rapida**

# Fattori che condizionano la decompressione

- Volume della cabina
- Larghezza dell'apertura
- Pressione differenziale (differenza tra la pressione di cabina e la pressione esterna)
- Quota di volo

# Decompressione Rapida

## Indicatori Fisici :

- Rumore tipo esplosione
- Wind Blast/Movimento rapido oggetti
- Nebbia
- Diminuzione Temperatura
- Diminuzione Pressione

# Decompressione Rapida

## Indicatori Fisiologici:

- **Decompression Sickness**
- **Barotrauma**
  - Tratto G. I.
  - Polmoni
  - Seni paranasali e frontali
  - Orecchie
- **Ipossia**

## CASI LIEVI

**Dolori addominali con espansione dell'addome con emissione dei gas dagli orifizi naturali**

**Difficoltà del respiro per alterazioni della meccanica respiratoria**

**Dolori auricolari e paranasali**

## ALTRI EFFETTI

**Modificazione dei gas respiratori (per improvviso reflusso di O<sub>2</sub> dal sangue agli alveoli e all'esterno)**

**Disfunzioni cardiocircolatorie (bradicardie, blocco AV)**

**Disfunzioni neurologiche**

**Effetti dell'anossia fulminante**

**EBULLISMO**: per quote superiori a 19.200m con  
 $P_{atm} < 47 \text{ torr}$

**Ebollizione dei liquidi organici in quanto sottoposti ad una  $P <$  alla tensione di vapore che detti liquidi hanno alla  $T$  corporea con formazione di bolle nel sangue, nei liquidi interstiziali ed in altri liquidi corporei**

## **CASI PIU' GRAVI**

**Alterazioni quasi sempre di natura emorragica a carico dei polmoni, del cuore, del fegato, dell'encefalo, etc.**

# Procedure di Emergenza post Decompressione

- **Perdere quota con il velivolo il più rapidamente possibile**
- **Regolatore di O<sub>2</sub> su (ON/100%/EMERGENCY)  
(respirare Ossigeno al 100%)**



ANES

