

## **DURANTE ESERCIZIO**

**RIFLESSO BAROCETTIVO:** importante per la regolazione pressione a breve termine e **FONDAMENTALE DURANTE L'INIZIO DELL' ESERCIZIO FISICO.**

Questo riflesso normalmente funziona così: aumento pressione → diminuzione frequenza cardiaca, gittata cardiaca e resistenza **MA** all'inizio dell'esercizio abbiamo che: all'aumento di pressione → aumento frequenza cardiaca: è variata la sua sensibilità!

STUDIO con COLLARE che esercita delle pressioni sul seno carotideo, modificando la pressione:

**GRAFICO CURVA STIMOLO-RISPOSTA DEL RIFLESSO BAROCETTIVO CAROTIDEO.**

COLLARE:

- variazione frequenza cardiaca

oppure

- variazione pressione arteriosa media

per costruire una curva e vedere l'andamento del riflesso: i barocettori possono lavorare solo all'interno di un intervallo di valori di pressione precisi. In questo **OPERATING RANGE** la curva assume l'andamento **sigmoide** con un **tratto lineare** con una certa pendenza che ci indica la sensibilità del riflesso (quanto velocemente o lentamente il riflesso risponde alla variazione di pressione). In questo tratto rettilineo si osservano due punti: **OPERATING POINT** che rappresenta il **set point fisiologico** (valori di riferimento che devono essere mantenuti, visto che questo riflesso tende a mantenere i valori fisiologici) e il **CENTRING POINT**.

All'inizio di un **esercizio dinamico di intensità moderata:**

- caduta resistenze vascolari nei muscoli impegnati nell'esercizio, per miglior irrorazione distretto muscolare

- nonostante **aumenti la Gc**, abbiamo la **caduta delle resistenze vascolari** e **quindi l'aum di P è minimo**

- **aumenta la Fc perché caduta tono vagale (che riduce la FC)**

SITUAZIONE CONTRADDITTORIA PER IL RIFLESSO BAROCETTIVO, che **dovrebbe** percepire l'aumento di pressione e provocare un rallentamento della Fc per riportare la pressione ai valori di controllo MA si attua una cardio**ACCELERAZIONE** PERCHE' **IL RIFLESSO BAROCETTIVO SI RESETTA!**

Il riflesso barocettivo **si RESETTA** in modo da operare a livelli di pressione più alti.

La curva si sposta verso **l'ALTO** (maggior FC) e verso **DESTRA** (valori di pressione MAG). La curva si sposta progressivamente ma la **pendenza** del tratto rettilineo della curva **resta uguale**, e questo significa che il baro riflesso resta invariato nella sua capacità di **PERCEPIRE LE VARIAZIONI**.

**Il punto operativo** (set point fisiologico), tende a spostarsi verso valori più **alti**, sale sulla curva posizionandosi ad una **altezza maggiore** e quindi **se aumento l'intensità dell'esercizio sono obbligata a lavorare su intervalli di pressione più piccoli, come è giusto che sia!** Importanza **FUNZIONALE** perché diminuisce la risposta del range per evitare crisi pressorie durante l'allenamento.

## **DURANTE L'ESERCIZIO ABBIAMO RIFLESSO PRESSORIO E RIFLESSO BAROCETTIVO**

Il riflesso pressorio si esercita dai **MUSCOLI IN AZIONE:** stimolazione **MECCANICA** E **CHIMICA** di terminazioni nervose sensoriali **AMIELINICHE** che si ramificano nel tessuto muscolare e percepiscono la distensione del muscolo in attività. Queste terminazioni nervose si dirigono verso i centri cardiovascolari → **STIMOLO IPERTENSIVO (AUM P)**. **CON IL RESETTING DEL RIFLESSO BAROCETTIVO** si contribuisce a **limitare l'effetto del RIFLESSO PRESSORIO**.

## **COME SI INNESCA IL RESETTING?**

2 **MECCANISMI RESPONSABILI DEL RESET DEL RIFLESSO BAROCETTIVO:**

1) **COMANDO CENTRALE** → **ORIGINE:** neuroni di aree corticali, mesencefaliche e ipotalamiche che

proiettano TUTTE al **NTS**. Questo comando modifica l'attività del nucleo del tratto solitario (FC E PA) in modo proporzionale all'intensità del movimento (direttam prop).

Il comando centrale è solo uno dei fattori che entra in gioco durante l'esercizio dinamico (insieme a riflesso pressorio, attivazione barocettori etc) e gli aggiustamenti che si ottengono sono variazioni tono simpatico e parasimpatico e vagale.

**2)RIFLESSO PRESSORIO MUSCOLARE**→a livello muscolare abbiamo accumulo metaboliti che insieme agli stimoli meccanici, attivano fibre nervose che vanno ai centri cardiovascolari che comportano **AUM FC E PA** mantenendo una P alta nei muscoli per mandare sangue a chi ne ha bisogno.

**QUINDI:** contrazione muscolare→accumulo metaboliti→ attivazione sistema simpatico

### **RIASSUNTO REGOLAZIONE NERVOSA SISTEMA CARDIOVASCOLARE DURANTE ATTIVITA' FISICA**

**Corteccia motoria**→ comando ai centri cardiovascolari **CENTRALI** →

+ arco aortico e carotideo → **riflessi barocettivi**

+ cuore → **riflessi cardiopolmonari**

+ meccanocettori e metabocettori dei muscoli scheletrici→ **riflessi pressori scatenati dall'esercizio**

= **TUTTO AL MIDOLLO VENTROLATERALE (CENTRO CARDIOVASCOLARE)**

**RISPOSTA:** aum P, aum FC, vasocostrizione muscoli inattivi e vasodilatazione muscoli attivi.

**1\_RISPOSTA ANTICIPATORIA:** Il **COMANDO CENTRALE** PREPARA IL CORPO ALL'ESERCIZIO (risposta anticipatoria): aum FC e contrattilità miocardica, vasodilatazione nei muscoli scheletrici e miocardio, vasocostrizione altri distretti

Grafico di preparazione alla corsa:

- nei 50m: FC sale molto rapidamente : il soggetto è ancora ferma, per cui la risposta anticipatoria non è data dai metaboliti.

- nei 400m: sale più lentamente

**2\_DURANTE ESERCIZIO:** ulteriore vasodilatazione muscolare e vasocostrizione inattivi per mantenere la pressione.

**RIASSUNTO SCHEMA SEMPLICE**

**ESERCIZIO → AUMENTO FLUSSO EMATICO NEL SISTEMA SCHELETRICO**

**DURANTE L'ESERCIZIO,** cadono le resistenze e diminuirebbe la pressione ma questo **non è funzionale durante l'esercizio** perché i muscoli hanno bisogno di sangue! Quindi si innescano

- **stimoli meccanici**

- **metaboliti**

per tenere alta la pressione.

## DURANTE ESERCIZIO → RITORNO VENOSO

### **INFLUENZATO DA:**

**1) POMPA MUSCOLARE SCHELETRICA: contrazioni dei muscoli:** inducono vasodilatazione che riduce le resistenze del circolo muscolari. La pompa stessa innesca aumento GITTATA CARDIACA che contrasta l'abbattimento delle resistenze perif

**2) POMPA RESPIRATORIA: aumento ventilazione e aumento contrazione diaframmatica con MAGGIORI PRESSIONI NELLA CAVITA' ADD E TORACICA con aumento del ritorno venoso**

### PRESSIONE ED ESERCIZIO

**GRAFICO: sale molto all'inizio** (perché la riduzione delle resistenze periferiche aumenta con l'aumentare dell'esercizio) e **poi sale ma meno**. La **pressione diastolica aumenta pochissimo**, perché è quella più legata alle resistenze, che crollano.

**ESERCIZIO AEROBICO:** P SIST E DIAST COME SOPRA, P SIST aumenta subito molto e poi aumenta poco, P DIAST aumenta pochissimo: LA MEDIA è IN AUMENTO MA NON IN MANIERA ECCESSIVA

**ESERCIZIO ISOMETRICO** (sollevam pesi etc): LA PRESSIONE ARTERIOSA MEDIA HA UNA PROGRESSIONE LINEARE VERSO L'ALTO → PERCHE'?? se ho una contrazione isometrica con una notevole massa muscolare, ho una **vasocostrizione locale** che comporta un **aumento di pressione** + la contraz isometrica **origina riflessi pressori** che tendono ad aumentare la P e **non** è contrastata da una **diminuzione delle resistenze**. QUINDI i soggetti ipertesi devono stare attenti a fare esercizi isometrici!

### FLUSSO ED EDERCIZIO

**IL FLUSSO SANGUIGNO DURANTE L'ESERCIZIO SI REDISTRIBUISCE VERSO I MUSCOLI:**ciò che varia è :

**1) DISTRIBUZIONE CAPILLARE:** durante l'esercizio gli sfinteri precapilari si aprono, e i vasi che prima erano chiusi sono attraversati dal sangue! PERCHE' SI APRONO?? **AUMENTO PRESSIONE + PRODUZIONE LOCALE DI METABOLITI** CHE FAVOISCONO RILASSAMENTO MUSCOLATURA SFINTERE → **APERTURA SFINTERE**

**2) FACILITAZIONE DEGLI SCAMBI TESSUTO-SANGUE**, perché

A) LA **VELOCITA'** CON CUI SCORRE IL SANGUE è LEGATA ALLA SEZIONE TRASVERSA: a parità di flusso la velocità a cui scorre il sangue è **più bassa** perché si tiene conto di tutti i capillari che si sono aperti! Essendo più bassa io ho più tempo per lo scambio

B) AUMENTA LA SUPERFICIE DI SCAMBIO PERCHE' SI APRONO PIÙ VASI

### **FATTORI CHE FAVORISCONO LA VASODILATAZIONE:**

- **AUTOREGOLAZIONE:** adenosina, ioni legati alla contrazione (K e Mg), NO prodotto dalle cellule endoteliali dei capillari, aumento temperatura legato alla contrazione, creazione moderata ipossia locale causata dal consumo di ossigeno durante la contrazione che crea un microambiente leggermente ipossico, accumulo CO liberata dalla respirazione, riduzione pH causata dall'accumulo di metaboliti di natura acida (acido lattico): **TUTTO CIO' PROVOCA VASODILATAZIONE**

- **DIRETTA:** stimolazione simpatico attraverso rec colinergici, azione catecolamine prodotte dalla surrenale con rec B adrenergici provocando vasodilatazione

## DURANTE ESERCIZIO AEROBICO

**GC (resta costante nel giorno) : - AUMENTO GSISTOLICA  
- DIMINUZIONE FC**

### GRAFICO CON FREQUENZA CARDIACA IN FUNZ DEL CONSUMO DI O2

SEDENTARI	ALLENATI
FC più alta	FC più bassa: più tempo per riempire i ventricoli
Durante l'es: FC incrementa molto e molto velocem	Durante l'es: poco incremento FC
Minor consumo di O2	Maggior livello di consumo di O2 per una certa FC
GS a riposo più bassa	GS superiore sia a riposo che in allenamento
Incremento della Gs molto inferiore rispetto agli atleti	Gs aumenta fino al 60%

### PERCHE'

Negli atleti **AUM TONO VAGALE** con **rallentamento della FC**, **più tempo al cuore per riempire i ventricoli**  
+  
**maggior riempimento ventricolare** e **aumento distensibilità** del ventr sx in diastole → < capacità di sistole → <Gs

**MA c'è una zona precisa di FC a cui lavorare:**

**HR=220-ETA' ANNI**

**fascio di allenamento 70-90% fc max**

### GRAFICO : GITTATA SISTOLICA VS FC

**QUINDI ES AEROBICO AUMENTA GS SIA A RIPOSO CHE DURANTE ALLENAMENTO, PERCHE'?**

- incremento riempimento ventricolo sinistro
- aumento distensibilità cardiaca: maggior sangue accolto
- aumento capacità intrinseche contrattili del cuore (miofibrille con contrazione più efficiente)

QUESTO è NOTO COME **CUORE D'ATLETA**: rilevabile con esame ecografico:

### IPERTROFIA CARDIACA REVERSIBILE

**ipertrofia eccentrica: AUMENTO VOLUME CAVITA' VENTRICOLO**

**ipertrofia concentrica: ISPESSIMENTO PARETE CUORE**

### VALUTAZIONE VARIAZIONI MASSA NEL CUORE D'ATLETA (GRAFICO):

- **IPERTROFIA CARDIACA REVERSIBILE**: si perde se l'atleta smette di allenarsi
- **ALTERAZIONE PROP CONTRATTILI FIBRE MUSCOLARI**: maggior sensibilità alla ione CALCIO (maggior efficienza della contrazione a livello dei sarcomeri + aumento efficienza forza-lunghezza)

### A CAUSA DI:

- (POSSIBILE) aumento produzione albumina → aumento volume plasmatico → maggior riempimento diastolico del ventricolo A CAUSA DELL'AUM DELLO SPESSORE DELLA PARETE **MA** le dimensioni della cavità ventricolare non cambiano, **NON SI RIDUCE!!** → (A DIFFERENZA DELLE PATOLOGIE dove ad un ispessimento della parete segue diminuzione del volume della cavità): NB **SOVRACCARICO TEMPORANEO**, che non sviluppa ipertrofia patologica.

### GRAFICO: allenamento: CONS O2 e variazioni Gc durante l'esercizio: ANDAMENTO LINEARE

**L'aumento del consumo di ossigeno comporta un aumento lineare della gittata cardiaca!!!**

Ricordiamo che in un soggetto sano: [Hb] = 15g/100ml di sangue, quindi a riposo circa **1L di sangue al minuto viene portato ai tessuti** (valore che si ottiene sapendo che **1L di sangue porta circa 200mL di O2**)

**A RIPOSO** → 1L di O2 al minuto (5L di sangue x 200ml di O2 al litro)

**ATTIVITA' FISICA** → aumento Fc e Gs →

**AD ESEMPIO:** se arrivo a  $200\text{bpm} \times 80(\text{Gs}) = 16\text{L}/\text{min}$  GC di cui **3L circa sono di ossigeno** ma questi non possono essere estratti solo dai muscoli (anche dal cervello, dalla cute etc) quindi **AUMENTO LA GS** ottenendo anche un vantaggio in termini di estrazione di ossigeno per i muscoli:

**VARIAZIONE GC che aumenta con l'aumento del consumo di ossigeno:**

**NB: per ogni aumento di  $1\text{L}/\text{min}$  del consumo di  $\text{O}_2$  si ha un aumento di  $5-6\text{L}/\text{min}$  della Gc. (rapporto 6:1)  
**PIU' SFORZO DEVO FARE, PIU' DEVO AUMENTARE LA GS PER OTTENERE OSSIGENO SUFF ALLO SFORZO****

**GRAFICO:** *la Gc aumenta linearmente ma con l'allenamento*

MA

- studenti allenati: Gc aum linearmente
  - atleti: aumento lineare con Gc a valori più elevati
  - sedentari: Gc aumenta ma poi si stabilizza
- posso avere una Gc più idonea al consumo di  $\text{O}_2$

### **OSSIGENO NEL SANGUE:**

- ARTERIOSO: resta costante
- VENOSO: aumenta

MA quando l'esercizio è molto intenso c'è un INCREMENTO DI CAPACITA' DI TRASPORTO DI  $\text{O}_2$  NELLE ARTERIE PERCHE' **AUM N GLOBULI ROSSI**, PERCHE' (3motivi):

- 1) AUM P durante es fisico → aum P idrostatica nei capillare → fluidi dal plasma allo spazio interstiziale (l'aumento di pressione arteriosa preme contro le pareti e provoca uscita di fluido dai capillari)
- 2) RIDISTRIBUZIONE DEI GLOBULI ROSSI nel letto vascolare, legato all'esercizio e al movimento dei muscoli. Il movimento muscolare provoca afflusso di proteine, determinando fuoriuscita di fluido dal plasma
- 3) perdita di acqua durante la sudorazione, con maggiore concentrazione globuli rossi.

### **L'ESTRAZIONE DI OSSIGENO DURANTE L'ALLENAMENTO SI PUO' MIGLIORARE:**

atleti e non arrivano ad ottenere valori SOVRAPPONIBILI!

MA a parità di estrazione c'è una differenza tra atleti e non atleti: maggior GC e quindi CONSUMO  $\text{O}_2$  più alto rispetto ai soggetti allenati (negli atleti quindi con la stessa estrazione di  $\text{O}_2$  si arriva ad una intensità di esercizio maggiore).

### **QUINDI l'allenamento:**

- favorisce processo di distribuzione del sangue ai muscoli in attività
- migliora condizioni microcircolo muscolare
- maggiore capacità ossidativa delle c musc
- aumento dimensioni di mitocondri e aum numero

l'estrazione di  $\text{O}_2$  dipende anche da ERITROPOIETINA: sostanza prodotta dal rene che può far aumentare l'ematocrito fino al 60% (limite ammesso 50%) perché normalmente l'ematocrito è al 45%. Se centrifugo il sangue si separa: 55% plasma, <1% leucociti e piastrine, 45% eritrociti)  $20\text{ml}$  di  $\text{O}_2$  per  $100\text{mL}$  di sangue.

COME AUMENTO L'ERITROPOIETINA?

- ipossia: le cellule vanno in quiescenza, riducendo mRNA ma invece attiva fattore di trascrizione dell'ipossia che codifica per alcune prot tra cui **eritropoietina**: risposta adattativa

### **RIASSUNTO ADATTAMENTI SIST CARDIOCIRCOLATORIO:**