

APPARATO CARDIOVASCOLARE

Nel corso di esercizio muscolare, il cuore viene sottoposto al massimo carico di lavoro, al contrario del sistema respiratorio

Lavoro cardiaco:

doppio prodotto = **P.arteriosa x frequenza cardiaca**

L'allenamento aerobico induce una riduzione sia della frequenza cardiaca sia della pressione arteriosa, il che si traduce in una diminuzione del doppio prodotto, il che si traduce in una riduzione del lavoro cardiaco

Il miocardio è un organo aerobico, le cellule miocardiche hanno un elevato numero di mitocondri e enzimi ossidativi.

Substrati utilizzati:

- Acidi grassi liberi 50-60%
- Trigliceridi 15% a riposo, 10% in corso di esercizio
- Glucosio 15% a riposo, 25% in corso di esercizio
- Lattato 10% a riposo, 60% in corso di esercizio

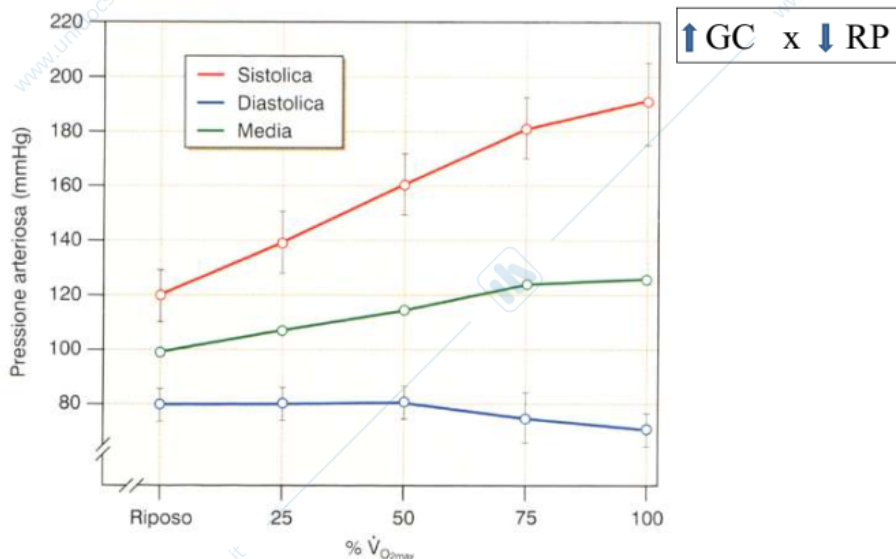
PRESSIONE ARTERIOSA

La pressione arteriosa **massima** (sistolica) riflette la capacità del ventricolo (sinistro) di generare forza, riflette l'elasticità del sistema arterioso

La pressione **minima** (diastolica), dipende dalle resistenze periferiche (grado di **vasodilatazione o vasocostrizione delle arteriole**). Se le resistenze al flusso aumentano (vasocostrizione) abbiamo un aumento della pressione diastolica

PRESSIONE ARTERIOSA E LAVORO MUSCOLARE

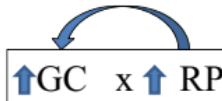
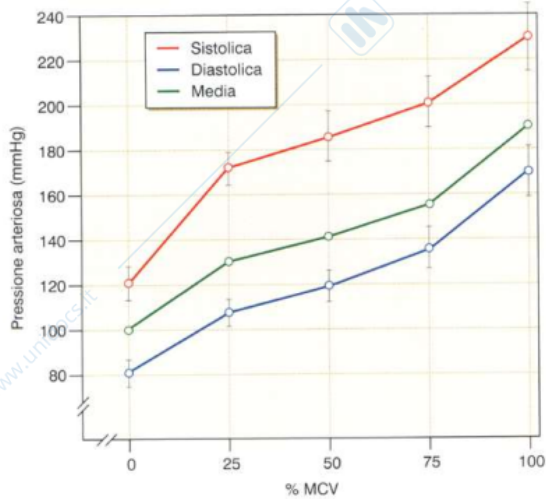
Attività di tipo aerobico ritmico (media intensità)



La pressione minima diminuisce perché diminuiscono le resistenze periferiche, dovuto alla vasodilatazione dei vasi. essendo un esercizio di tipo ritmico, i muscoli si comportano come una pompa, che aiutano il sangue al ritorno nel cuore, avendo un migliore riempimento cardiaco, avendo una migliore gittata cardiaca

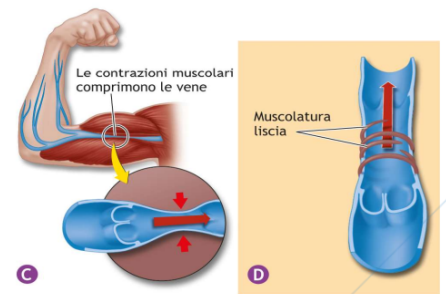
Esercizio di potenza statico

Carico elevato con **componente isometrica**

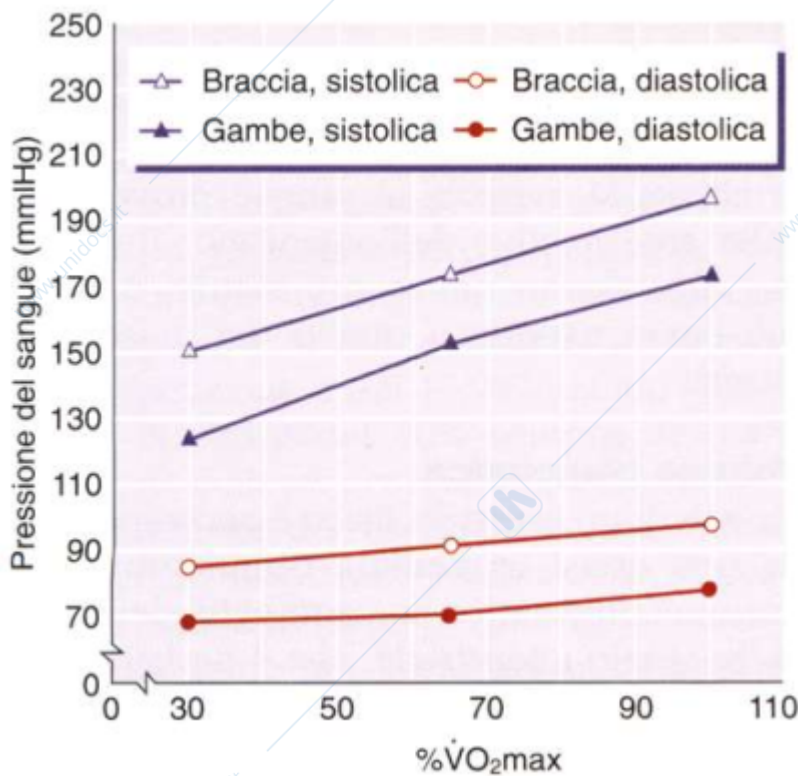


Si ha l'aumento della diastolica, non dovuta alla vaso costrizione, ma dalla **contrazione muscolare statica**, non più ritmica, **schiaccia le vene diminuendo il passaggio di sangue**, aumentando la resistenza al flusso.

Se aumentano le resistenze, il cuore **deve compiere più lavoro** per vincere le resistenze periferiche



Esercizio di potenza con le braccia



Mantenendo costante l'intensità (la potenza) **la pressione sia diastolica sia sistolica è sempre più elevata** quando facciamo l'esercizio con le braccia rispetto alle gambe.

risultando quindi più faticoso.

Questo è dovuto a:

- La potenza sviluppata per sezione muscolare risulta maggiore (a parità di potenza)
- Le resistenze periferiche aumentano perché i vasi sono più piccoli e quando vengono schiacciati offrono maggiore resistenza
- I gruppi muscolari che fissano la gabbia toracica consuma energia (non utile al movimento)

PRESSIONE ARTERIOSA NEL RECUPERO

Nella fase di recupero **dopo un'attività fisica aerobica** si verifica una condizione di **ipotensione** che si mantiene **per circa 12 ore**, dovuto al fatto che abbiamo una **riduzione** importante di **gittata cardiaca**, **in quanto**, a livello periferico, **si mantiene la vasodilatazione**.

L'allenamento aerobico di per sé provoca una riduzione di pressione

Valori*	A riposo			Esercizio submassimale		
	Valore medio		Differenza (%)	Valore medio		Differenza (%)
	Prima	Dopo		Prima	Dopo	
Pressione sistolica (mmHg)	139	133	-4.3	173	155	-10.4
Pressione diastolica (mmHg)	78	73	-6.4	92	79	-14.1
Pressione media (mmHg)	97	92	-5.2	127	109	-14.3

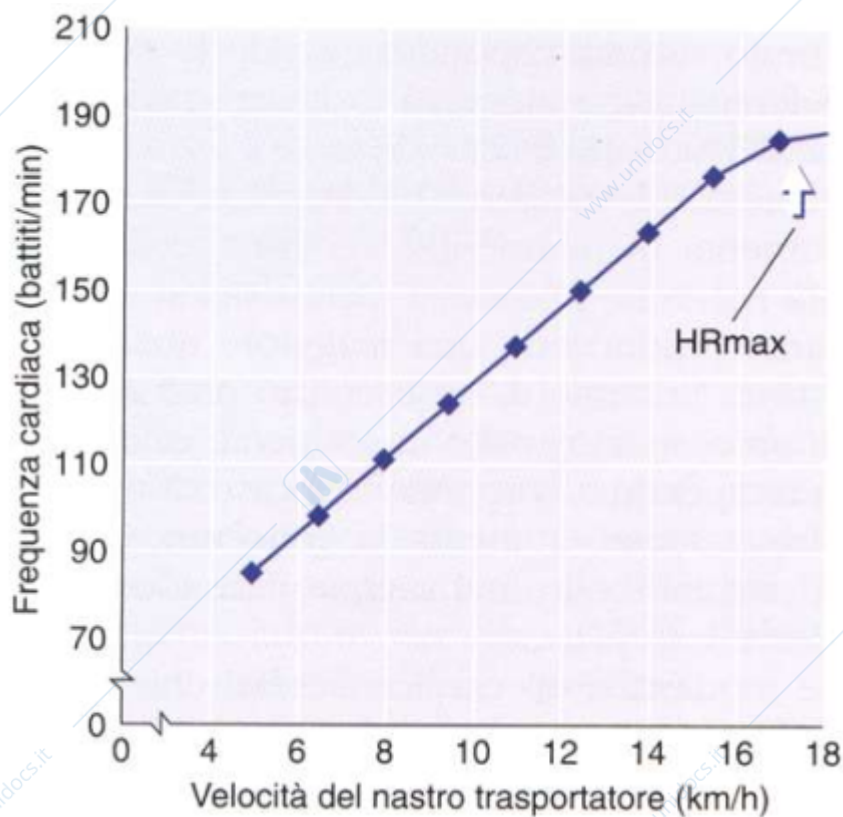
Modificato da Clausen, J.P., et al.: *Physical training in the management of coronary artery disease*. «Circulation», 40:143, 1969.
*La pressione sanguigna è stata misurata direttamente mediante catetere in arteria brachiale connesso a un trasduttore di pressione.

Infatti, l'allenamento aerobico viene utilizzato come mezzo terapeutico per il trattamento dell'ipertensione

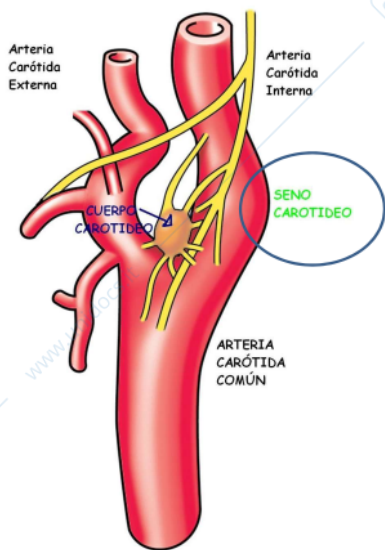
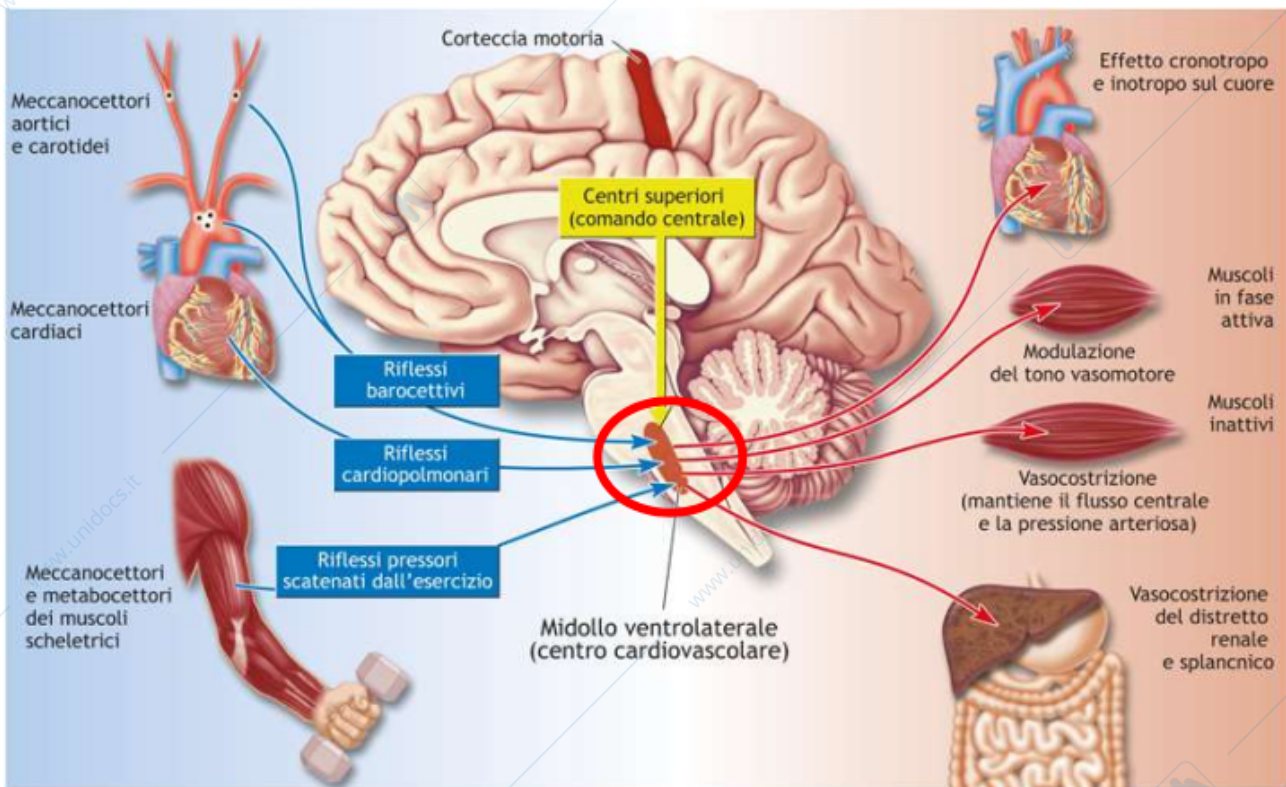
Abbiamo visto la pressione, ora vediamo la frequenza cardiaca

FREQUENZA CARDIACA DURANTE ESERCIZIO

Aumenta in maniera lineare all'aumentare dell'intensità dell'esercizio



CONTROLLO CARDIOCIRCOLATORIO



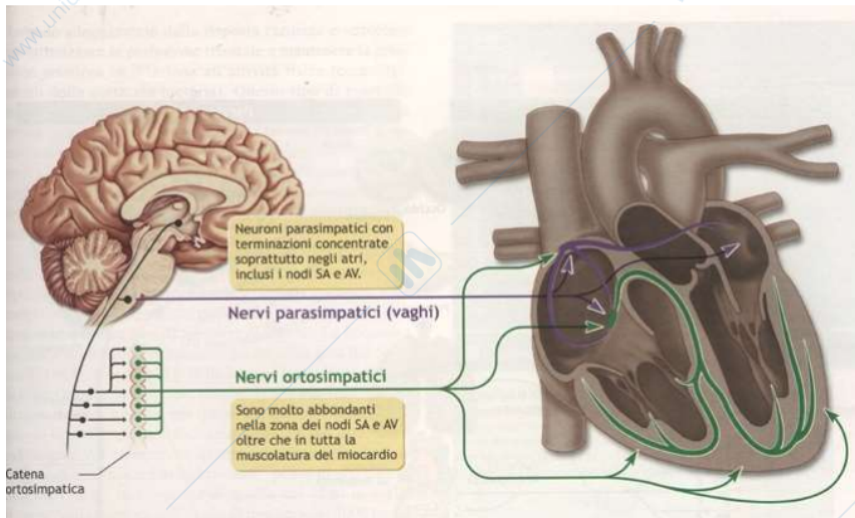
I meccanocettori, a livello cardiaco, presenti nell'arco aortico, rilevano la pressione.

I segnali afferenti, vanno nel midollo, con efferenze da esso attraverso il SN orto e para simpatico.

Al cuore, il comando dal centro, ha un effetto cronotropo e/o inotropo

Cronotropo = regolazione della frequenza cardiaca

Inotropo = regolazione della forza cardiaca

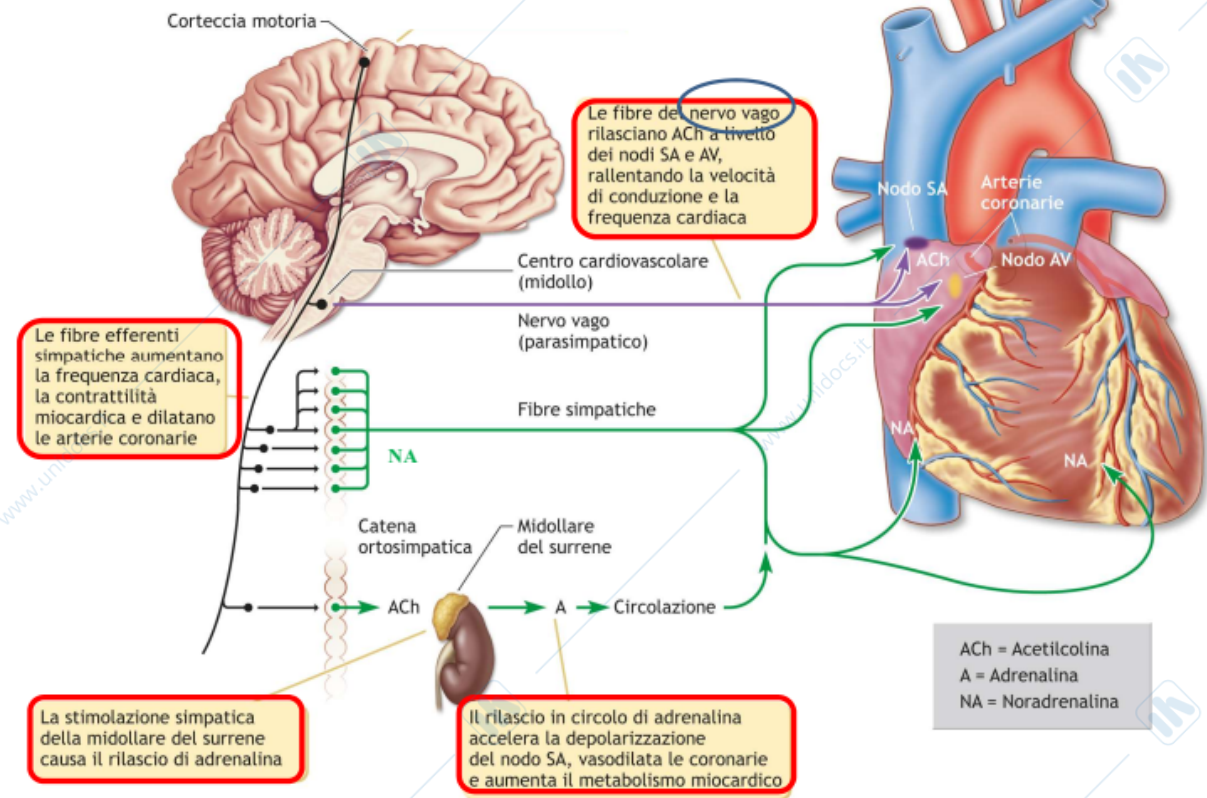


I nervi parasimpatici prendono contatto con il **nodo SA** e **quello AV** nonché tutta la **muscolatura atriale**.
I nervi ortosimpatici prendono contatto oltre che con i nodi **SA** e **AV** con la **muscolatura ventricolare**.

Nodo SA = pacemaker

La frequenza spontanea del pacemaker è di 100bpm, ma viene regolata dal sistema parasimpatico (effetto cronotropo negativo, diminuzione della F cardiaca) e ortosimpatico (effetto cronotropo positivo, aumento della F cardiaca)

Parasimpatico = acetilcolina
 Ortosimpatico = noradrenalina



L'adrenalina prodotta dalla corticale del surrene, sotto effetto dell'innervazione ortosimpatica, ha lo stesso effetto della noradrenalina, aumenta la F cardiaca

REGOLAZIONE DELLA F CARDIACA DURANTE L'ESERCIZIO

AZIONE ANTICIPATORIA, avviene ancora prima dell'esercizio fisico:

Aumento della F cardiaca prima e all'inizio dell'attività fisica

Influenza dei centri superiori

Abolizione del tono vagale (inibizione del parasimpatico)

Risposta anticipatoria: aumento della frequenza cardiaca già prima che inizi l'attività fisica

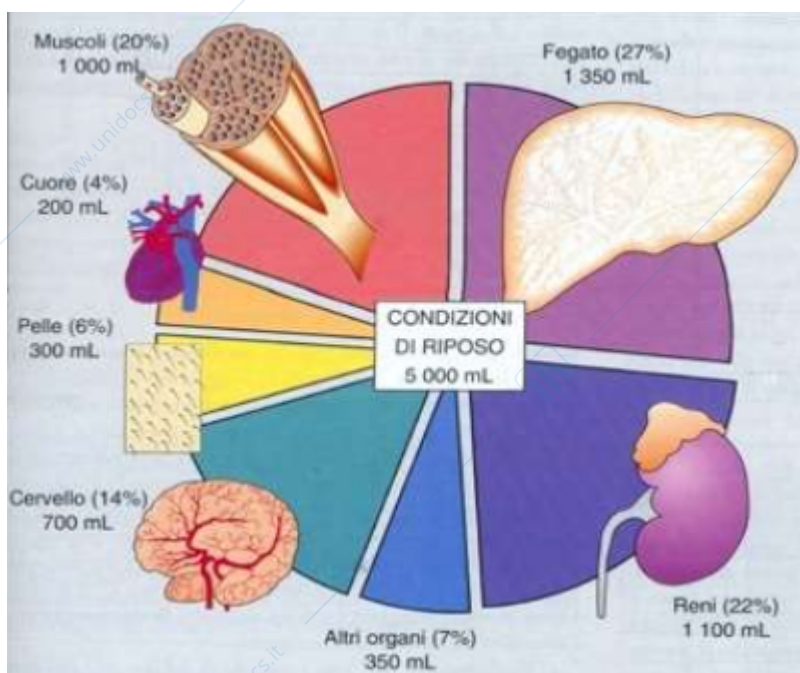
L'effetto centrale consente un aumento della F cardiaca come reazione preparatoria al lavoro (abolizione tono vagale), oltre a questo c'è anche la componente emotiva e psicologica

Altre componenti che aumentano la F cardiaca sono:

- **Azione dell'adrenalina**, rilasciata dalla componente ortosimpatica
- **Aumento della temperatura**

Quando si subisce un trapianto di cuore, i soggetti avranno una F cardiaca a riposo più elevata ma sale di meno durante l'esercizio fisico, questo perché manca il collegamento con il SNA, quindi la F a riposo è 100Bpm circa (ritmo del pacemaker) e l'aumento della Frequenza durante l'esercizio è causata solo dall'intervento dell'adrenalina

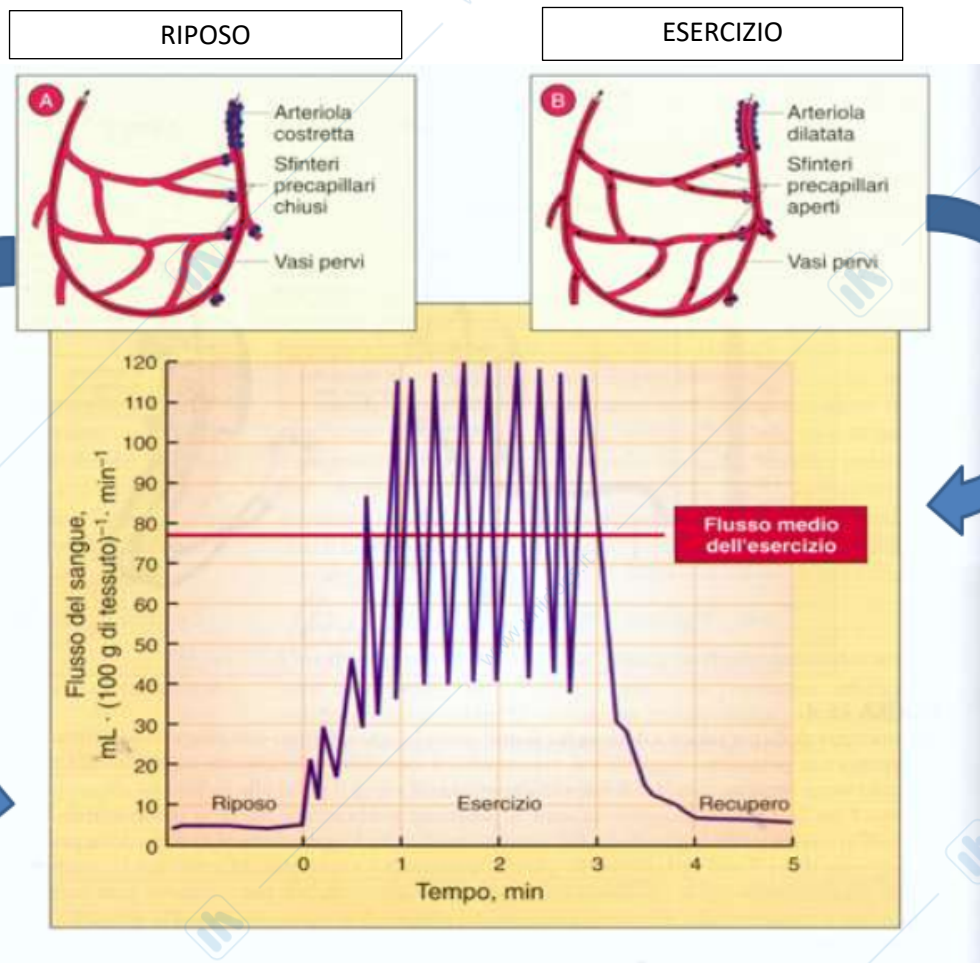
REGOLAZIONE DEL FLUSSO DISTRETTUALE DI SANGUE



Durante l'esercizio i muscoli ricevono l'84% del sangue totale circolante, 21 Litri se consideriamo che il volume di sangue circolante per minuto è passato da 5L a 25L.

La possibilità di realizzare vasocostrizione o vasodilatazione rappresenta lo strumento principale per la regolazione distrettuale del flusso di sangue, questi due meccanismi però devono compensarsi per mantenere costante la pressione arteriosa (se ho vasodilatazione muscolare avrò vasocostrizione in altri organi).

I capillari a riposo, lavorano 1 su 30-40, mentre durante l'esercizio fisico, si aprono tutti



VASOMOTILITA'

L'azione del parasimpatico non ha molto effetto nella vasomotilità, mentre è fondamentale l'azione dell'ortosimpatico

Catecolamine = noradrenalina (prodotta maggiormente, NEUROTRASSMETTITORE), dopamina, adrenalina (prodotte dalla midollare del surrene, sotto la stimolazione dell'ortosimpatico)

La loro azione dipende dal recettore con cui si vanno a legare. I recettori sono:

1. **Alpha → vasocostrizione**
in particolare la **noradrenalina** che ha un'affinità maggiore per questo neurotrasmettitore
2. Beta → vasodilatazione, i recettori beta, si trovano maggiormente a livello coronario (che portano il sangue al cuore) e a livello muscolare
adrenalina, si lega prevalentemente a questi recettori

Nei muscoli "attivi" quelli che stanno lavorando, ci sono altri elementi che determinano la vasodilatazione e sono:

- Metaboliti, il loro accumulo determina vasodilatazione.
Più il muscolo è attivo → più produce metaboliti → più avrà apporto di sangue e di ossigeno sono per esempio: Anidride carbonica, Acido lattico, ADP, Ossido nitrico (NO).
Questi ultimi determinano velocemente vasodilatazione, sono molto potenti, possono essere pro-angiogenetica (generazione di nuovi vasi e mitocondri), questo grazie all'NO
- Aumento della temperatura