



Allenamento cardiorespiratorio ed Eterotonico



16 Ottobre 2010

Scuola di Formazione Eurofit – Imola

A cura del Dott. Luca Deidda

***Relatore: Dott. Luca DEIDDA* D.O. – M.R.O.I.**

Chinesiologo – Posturologo – Fisioterapista – Osteopata

Specialista in Chinesiologia preventiva e rieducativa

Professore a contratto presso la Facoltà di Medicina e Chirurgia
Università degli Studi di Pavia

Già Professore a Contratto e Ricercatore presso la Facoltà di Scienze Riabilitative e Motorie
Libera Università degli Studi di Scienze Umane e Tecnologiche
Università degli Studi del Canton Ticino – Lugano (SVIZZERA)



La Contrazione Muscolare Scheletrica: aspetti neurofisiologici



Miologia:

Il muscolo scheletrico rappresenta il 40% circa dell'intero peso corporeo comprese le componenti connettivali

- **Caratteristiche del tessuto muscolare scheletrico:**

- CONTRATTILITÀ = capacità di accorciarsi ed allungarsi
- ECCITABILITÀ = capacità di rispondere a stimoli nervosi e/o ormonali rendendo possibile al SN e in taluni casi al sistema endocrino, di regolare l'attività muscolare
- ESTENSIBILITÀ = capacità di essere stirati fino alla loro lunghezza a riposo, dopo la contrazione
- ELASTICITÀ = capacità di ritornare alla loro lunghezza iniziale dopo la fase di stiramento

- **Classificazione della forma dei muscoli:**

- pennati (grande forza di contrazione)
- paralleli (si accorciano maggiormente rispetto ai precedenti)
- convergenti (esprimono maggiore forza rispetto ai paralleli)
- circolari (avvolgono generalmente un orifizio)



Miologia:

- **Si possono classificare anche in base:**
 - alla localizzazione (descrivono la regione anatomica = gluteo, pettorale etc.)
 - alle dimensioni (grande e piccolo gluteo etc.)
 - alla forma (quadrato del femore, dentato etc.)
 - all'orientamento (retto, obliquo, trasverso etc.)
 - all'origine ed inserzione (SCOM)
 - al numero di capi che lo compongono (bicipite, tricipite etc.)
 - alle funzioni (abduuttore, adduttore, estensore delle dita etc.)



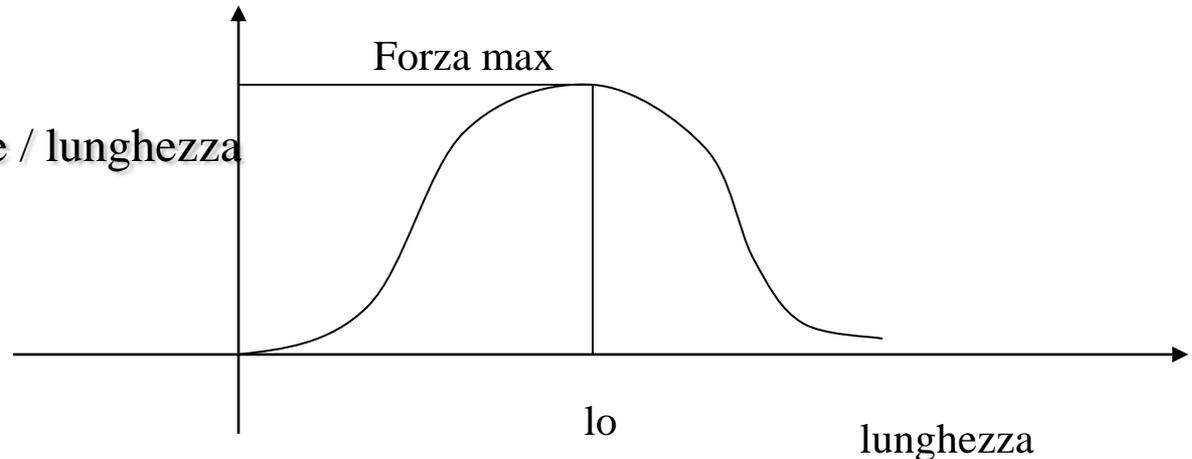
Influenza dello spessore, della lunghezza e dell'orientamento delle fibre:

- **FORMA e SPESSORE:**

- la forma determina il grado di contrazione e la quantità di forza che un muscolo può sviluppare
- lo spessore o meglio l'ipertrofia determina la possibilità del muscolo di generare forza muscolare (ogni cm quadrato genera 2 - 3 Kg di forza)

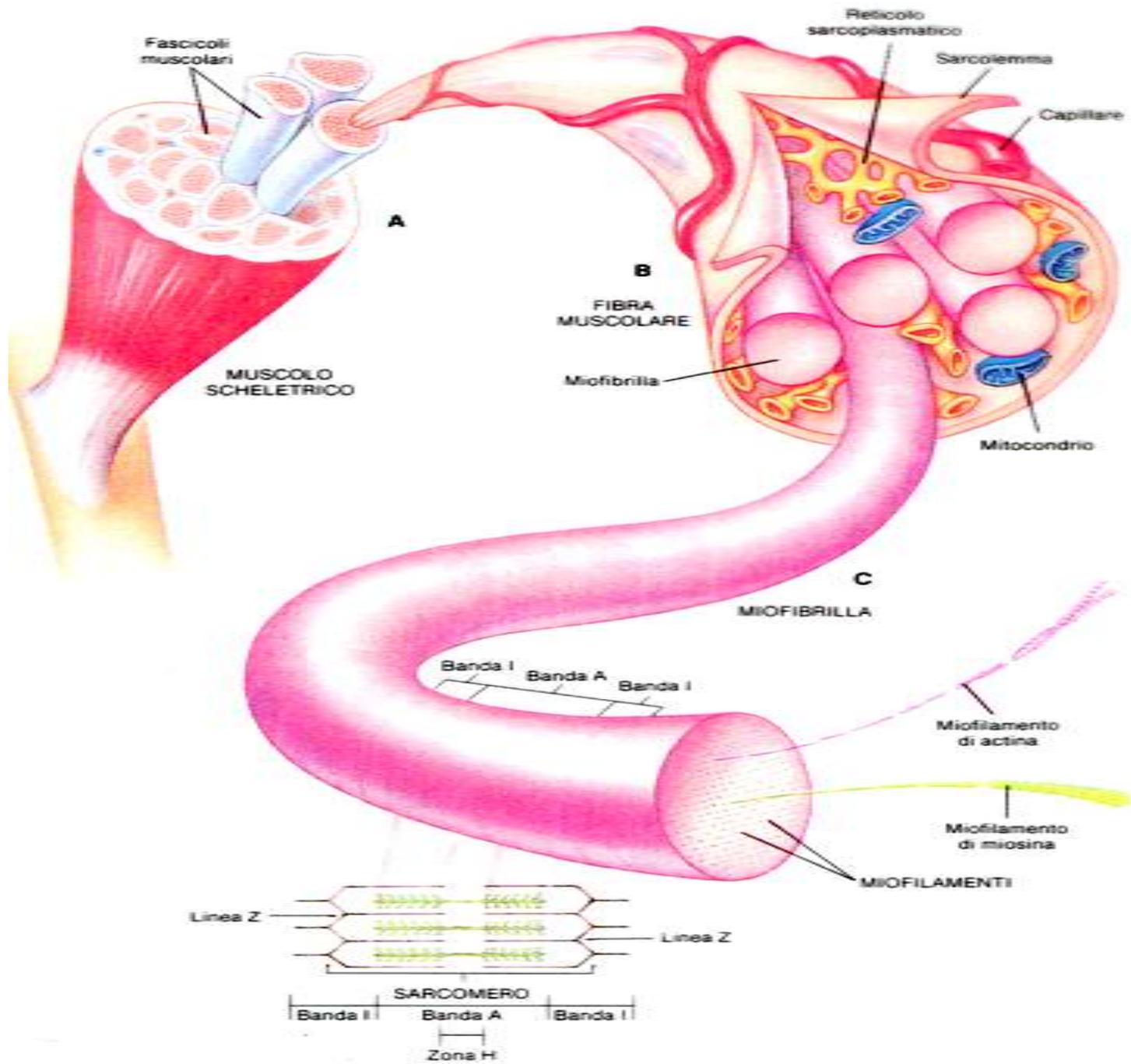
- **LUNGHEZZA:**

stiffness = tensione / lunghezza



- **ORIENTAMENTO delle FIBRE:**

gioca un ruolo importante per lo sviluppo della forza muscolare, studiando le leve articolari attraverso i muscoli



La contrazione muscolare

- **Definizione:** evento meccanico accorciamento muscolare (teoria dello scivolamento acto – miosinico)

- **Suddivisione degli eventi:**

*Stimolo ambientale – centrale – chimico –
elettrico – chimico – elettrico – EPP*

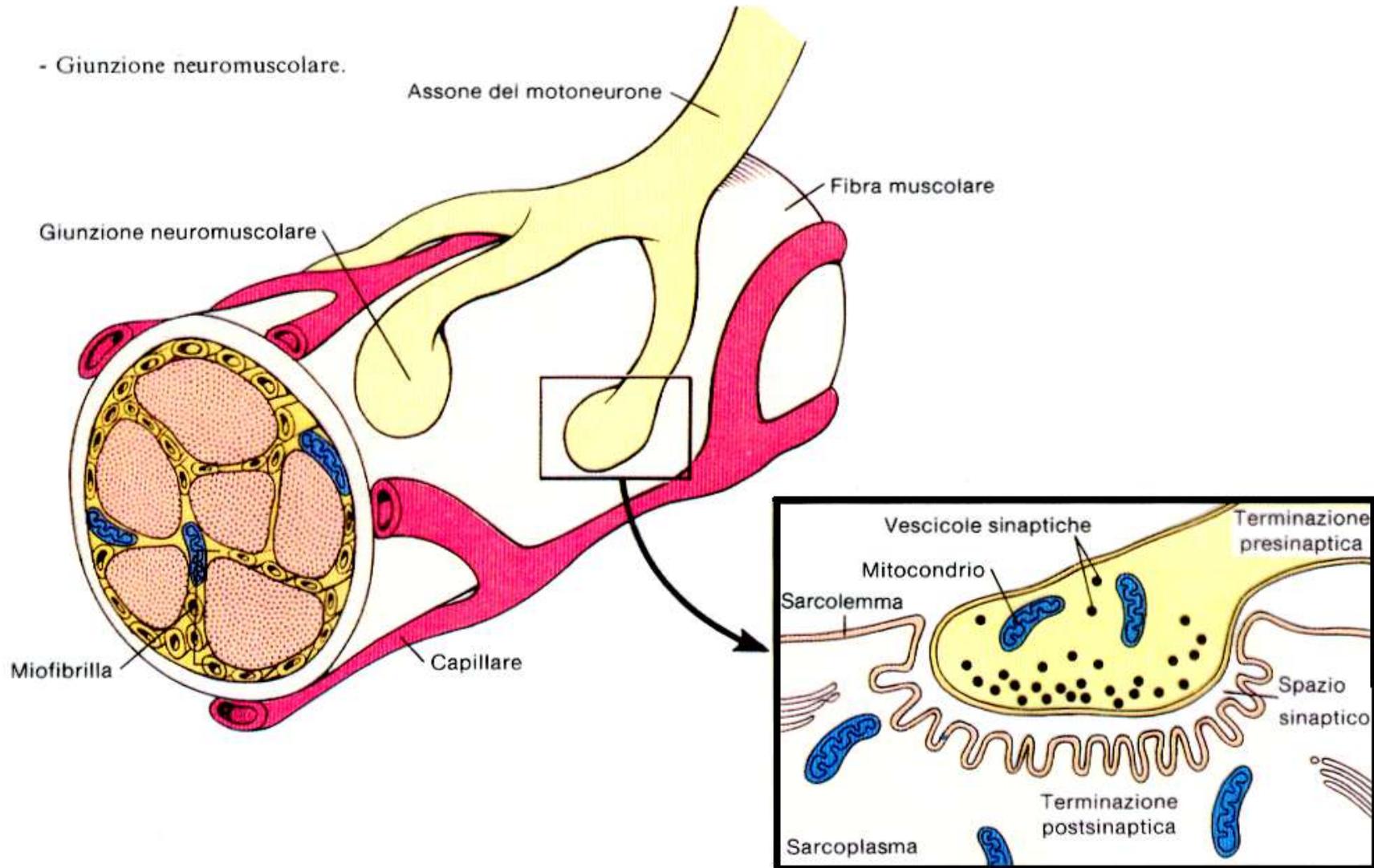
(periferico)

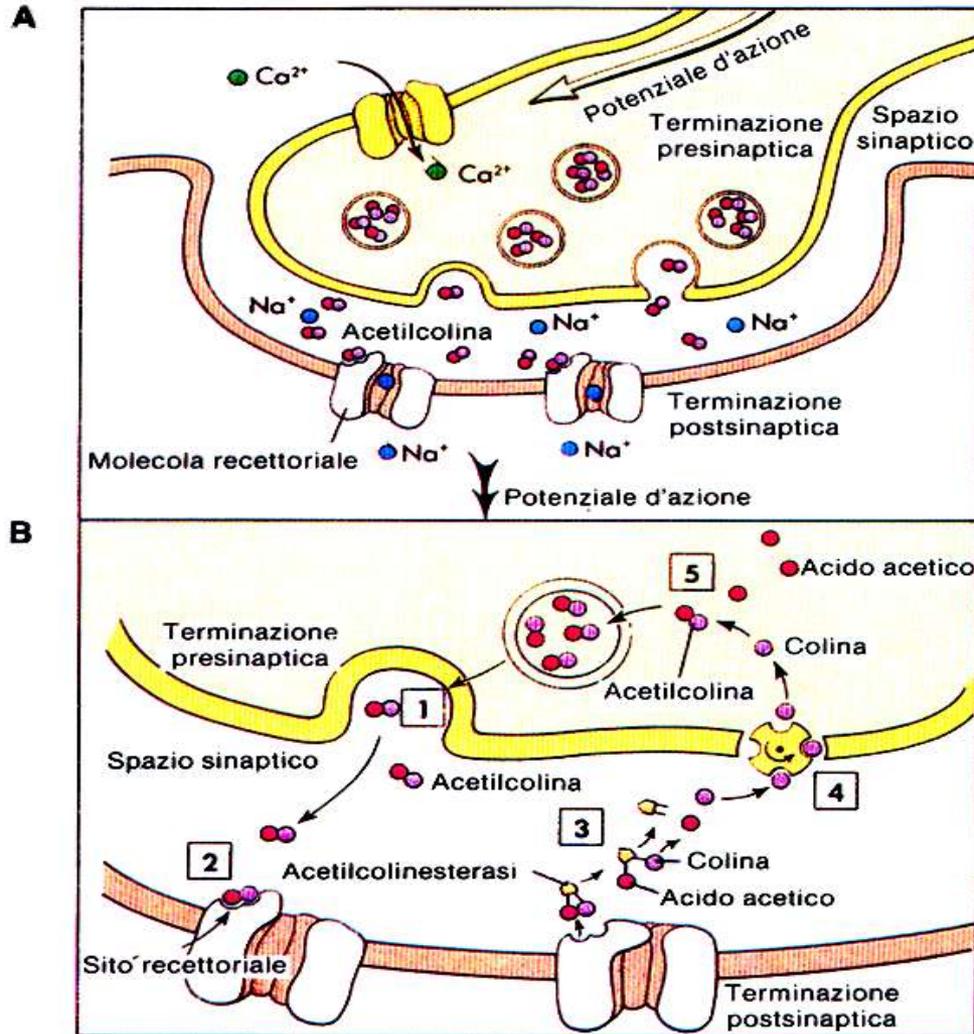


Potenziale di placca o EPP

1. Liberazione del mediatore chimico **acetilcolina (ACh)**
2. L'ACh modifica la permeabilità della membrana plasmatica e formazione dell'EPP
3. Il potenziale d'azione si propaga sulla superficie cellulare e raggiunge, attraverso il sistema dei tubuli a T, la zona delle triadi
4. Il Ca^{++} passa dalle cisterne a T al sarcoplasma e si lega al complesso troponinico tropomiosinico
5. Si attiva l'enzima miosin – ATPasi e si assiste alla formazione del “cross bridge” con scivolamento dei filamenti
6. Se cessa lo stimolo centrale cessa la contrazione

- Giunzione neuromuscolare.





Particolarità:

- Ogni sarcomero si estende da una linea Z ad un'altra
- Un fibra si dice lunga quando possiede un numero di sarcomeri disposti in serie
- L'intreccio dei filamenti proteici che compone il sarcomero conferisce la striatura muscolare



Miosina

- La tipica struttura della **miosina** consiste essenzialmente in due domini, definiti **testa** e **coda**:
 - a) la **testa** è una regione globulare deputata al legame con i filamenti di actina, oltre che al sito di idrolisi dell'ATP. Questa reazione chimica permette il movimento della miosina verso l'estremità + del filamento di actina, tramite cambiamenti conformazionali dovuti alla diversa affinità della proteina per le molecole che può legare (ATP, actina, ADP in ordine decrescente di affinità).
 - b) la **coda** è un dominio di struttura allungata che generalmente media le interazioni con molecole trasportatrici ed subunità di miosina.



Miosina: motore delle miofibrille

- Le **catene proteiche pesanti** si intrecciano a formare una *coda* terminale, rigida, a spirale, e due *teste globose*.
- **Due catene proteiche leggere** sono associate alle *catene pesanti* di ogni *testa*.
- All'interno dei filamenti spessi, le varie isoforme della miosina si organizzano in modo tale da esporre le loro teste all'estremità, mentre le code si raggruppano nella regione centrale. La giunzione compresa tra testa e coda è una cerniera che permette alle teste di flettersi durante la contrazione.
- La porzione globulare viene anche definita *meromiosina pesante*, mentre quella terminale è nota come *meromiosina leggera*. Le teste globulari della miosina formano i ponti trasversali che mediano l'interazione con i filamenti sottili di actina, i quali fungono da "funi".



Miosina: motore delle miofibrille

- Il **fenomeno della contrazione** può essere diviso in *due fasi*:
 - 1) *aggancio* (formazione dei ponti trasversali) tra filamenti spessi e sottili;
 - 2) *scorrimento* dei filamenti
- Come accennato, la formazione dei ponti trasversali dipende dall'aumento dell'attività del calcio interno alla fibra. Fondamentale risulta anche la presenza nella testa della miosina di una tasca deputata al legame con l'ATP, nonché di un enzima (ATPasi) in grado di scinderla in ADP e fosfato inorganico, liberando energia



Miosina II

La **miosina II**, presente nel sarcomero dei [muscoli](#) striati, è l'[isoforma](#) più espressa nell'organismo umano, nonché la più studiata per la sua funzione primaria nel [movimento muscolare](#).

É formata:

- a) da due catene pesanti di circa 2000 amminoacidi ciascuna; le estremità [N-terminali](#) vanno a formare la regione globulare, dotata di due teste, mentre le code [C-terminali](#) si sviluppano come due code intrecciate con un dominio coiled-coil (due α -eliche superavvolte tra loro). Molto utile per la visualizzazione è l'immagine del [caduceo](#), con due serpenti intrecciati tra loro.
- b) e da quattro catene leggere che si uniscono alla struttura nella regione di confine tra testa e coda.



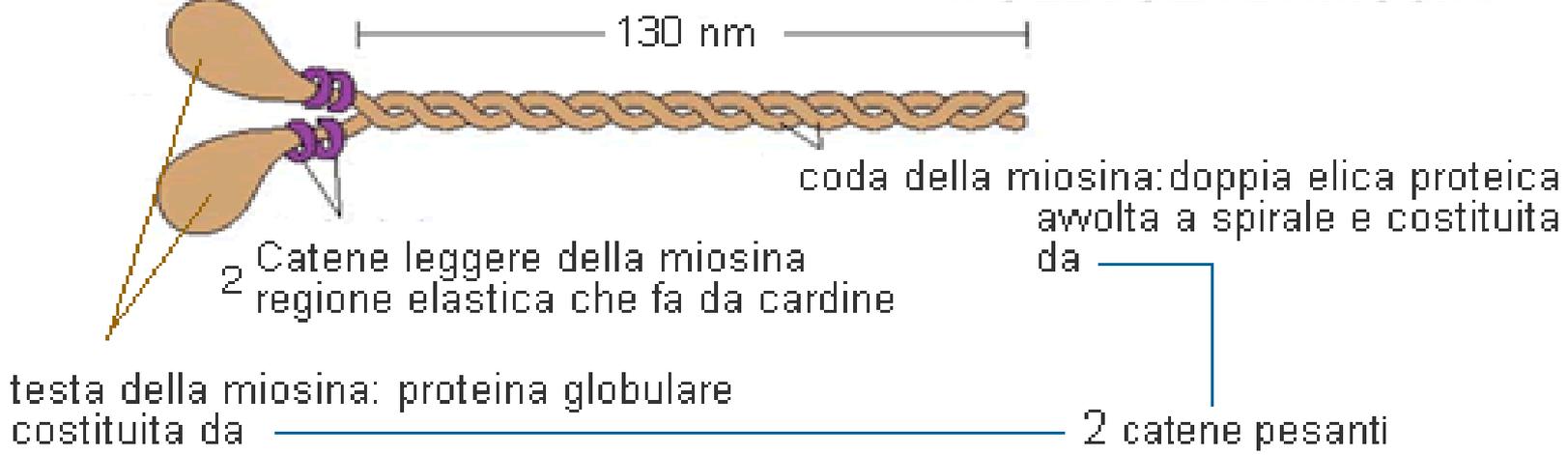
Miosina VI

La **miosina VI** rappresenta un'eccezione, avendo movimento verso l'estremità del filamento di actina. La regione della coda ha funzioni prevalentemente di legame con molecole shuttle per il trasporto intracellulare, o con altre molecole di miosina.

Nelle fibre muscolari, ad esempio, la regione di coda della miosina è interessata nel legame con altre miosine, per mantenere la struttura del [sarcomero](#).



MOLECOLA DI MIOSINA



Actina

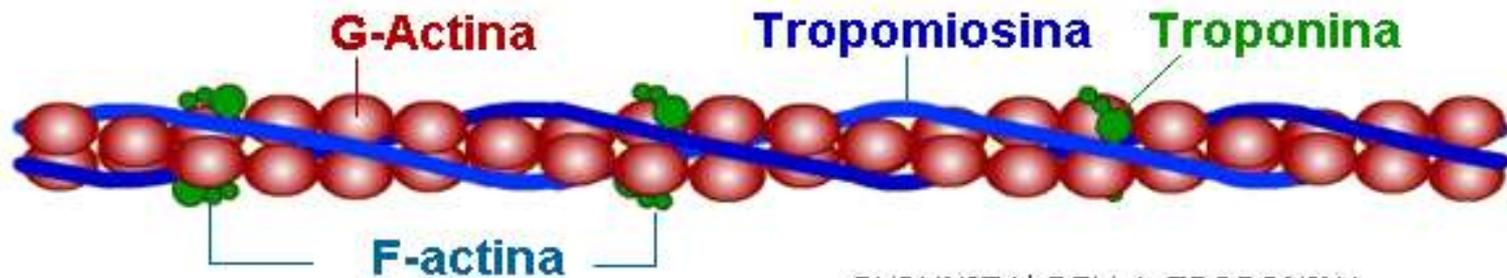
- L'**actina**, che costituisce i *filamenti sottili del sarcomero*, è una **proteina globulare**, di forma simile ad una sfera (G - actina). Molte di queste molecole si associano tra loro per comporre lunghi e sottili granuli (F - actina). Due di queste catene si avvolgono elicoidalmente l'una sull'altra, come due collane di perle, dando origine al filamento sottile.
- Ogni molecola di **G - actina** contiene un sito di legame per la testa della *miosina*, che, in condizioni di riposo, si trova di fatto bloccato da due proteine.



Actina

- I filamenti sottili sono infatti costituiti, oltre che dall'**actina**, da:
 - a) **TROPOMIOSINA**: nel muscolo a riposo impedisce il contatto tra 7 molecole di G - actina e le rispettive teste di miosina, mantenendo il muscolo rilassato.
 - b) **TROPONINA**: quando lega il calcio cambia la propria conformazione e sposta la tropomiosina permettendo l'aggancio con la miosina
- Oltre a queste proteine, le miofibrille muscolari ne contengono altre, tra cui ricordiamo:
- titina, connettina e nebulina, con funzione di *stabilizzazione* e *centraggio* del sarcomero nel corso della contrazione.



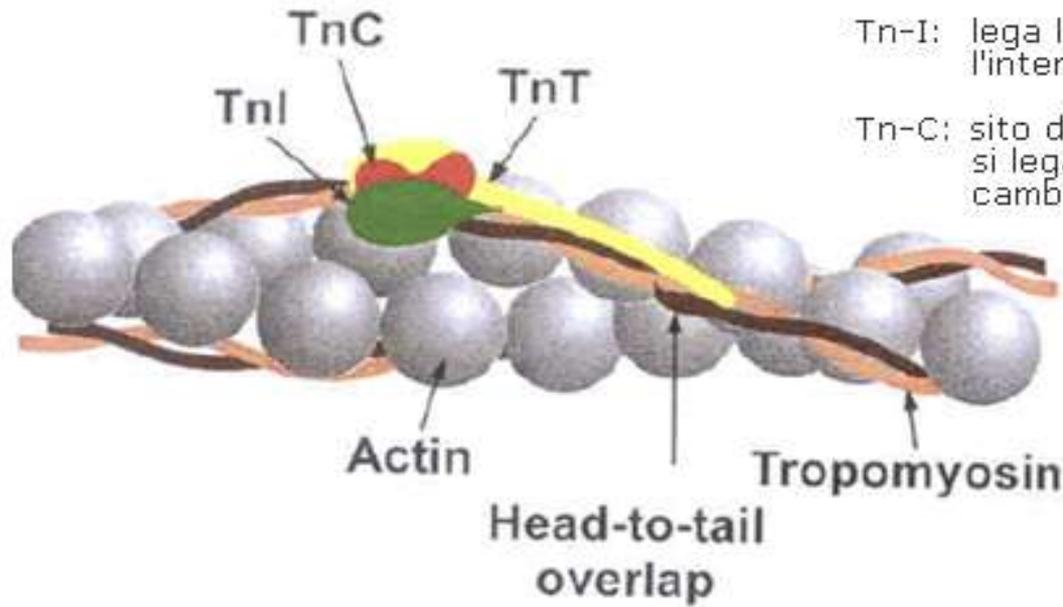


SUBUNITA' DELLA TROPONINA

Tn-T: lega la troponina alla tropomiosina

Tn-I: lega la troponina all'actina, inibisce l'interazione miosina-actina

Tn-C: sito di attacco per il calcio; quando si lega al calcio porta ad una serie di cambiamenti conformazionali della troponina che muovono la tropomiosina e liberano il sito di legame della miosina sull'actina



Tono muscolare

- **Definizione:** *attività gamma tonica*
- *Il tono muscolare è il grado naturale di tensione dei muscoli, in uno stato di normale equilibrio.*
- *Il tono muscolare è fondamentale per la postura, nonché per permettere ai muscoli di reagire prontamente agli stimoli nervosi. Può essere alterato a causa di lesioni, specialmente delle innervazioni. Lo scarso movimento è causa di ipotonia.*
- *Il tono muscolare scompare solo in caso di morte o in anestesia totale.*



Unità Motoria:

- Si definisce il complesso funzionale costituito da un motoneurone spinale alfa e dalle fibre muscolari che innerva.



Tipologia di U.M.:

caratteristiche principali delle differenti tipologie di fibre muscolari

Proprietà	Tipo I o SO	Tipo IIA o FR	Tipo IIB o FG
Tensione massimale	<i>2 – 5 g</i>	<i>10 g</i>	<i>50 g</i>
Tempo di contrazione	<i>100 msec</i>	<i>50 msec</i>	<i>50 – 30 msec</i>
Velocità di conduzione	<i>50 – 80 m/s</i>	<i>80 – 100 m/s</i>	<i>80 – 130 m/s</i>
Frequenza di scarica	<i>25 Hz</i>	<i>50 Hz</i>	<i>75 – 80 Hz</i>
Metabolismo	<i>Aerobico</i>	<i>Anaerobico – aerobico</i>	<i>Anaerobico</i>
ATP-asi miosinica	<i>Bassa</i>	<i>Alta</i>	<i>Elevata</i>
Funzione principale	<i>Attività tonica di base</i>	<i>Attività fasico tonica</i>	<i>Attività fasica</i>

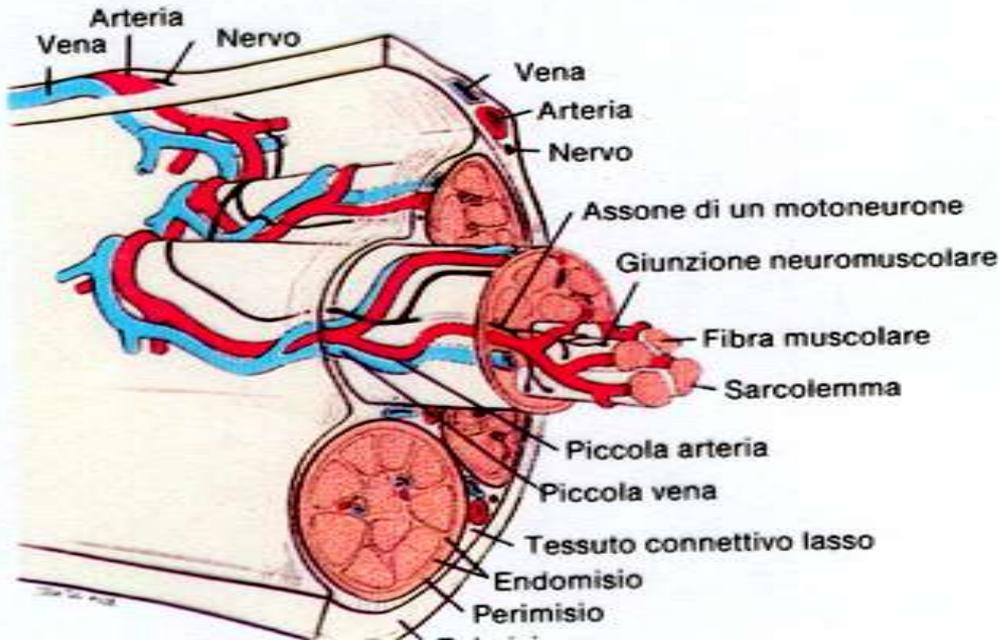
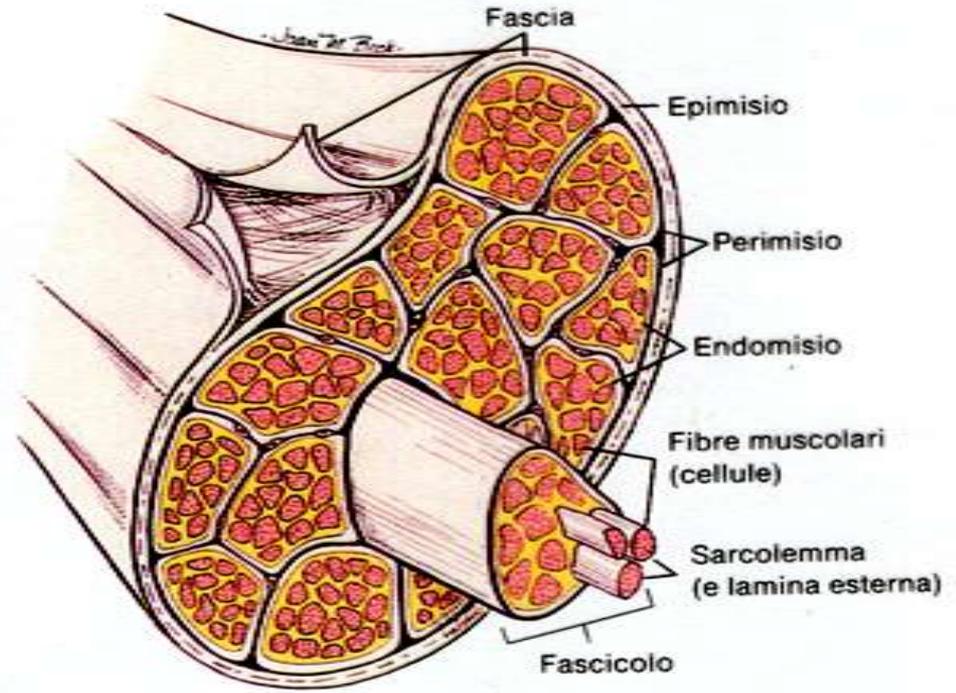
Denominazione delle fibre muscolari

Morfologica	FTb	FTa	ST
Istochimica	IIB	IIA	I
Biochimica	FG	FGO	SO
Funzione	FF	FR	S
Contrattilità	FT	FT	ST

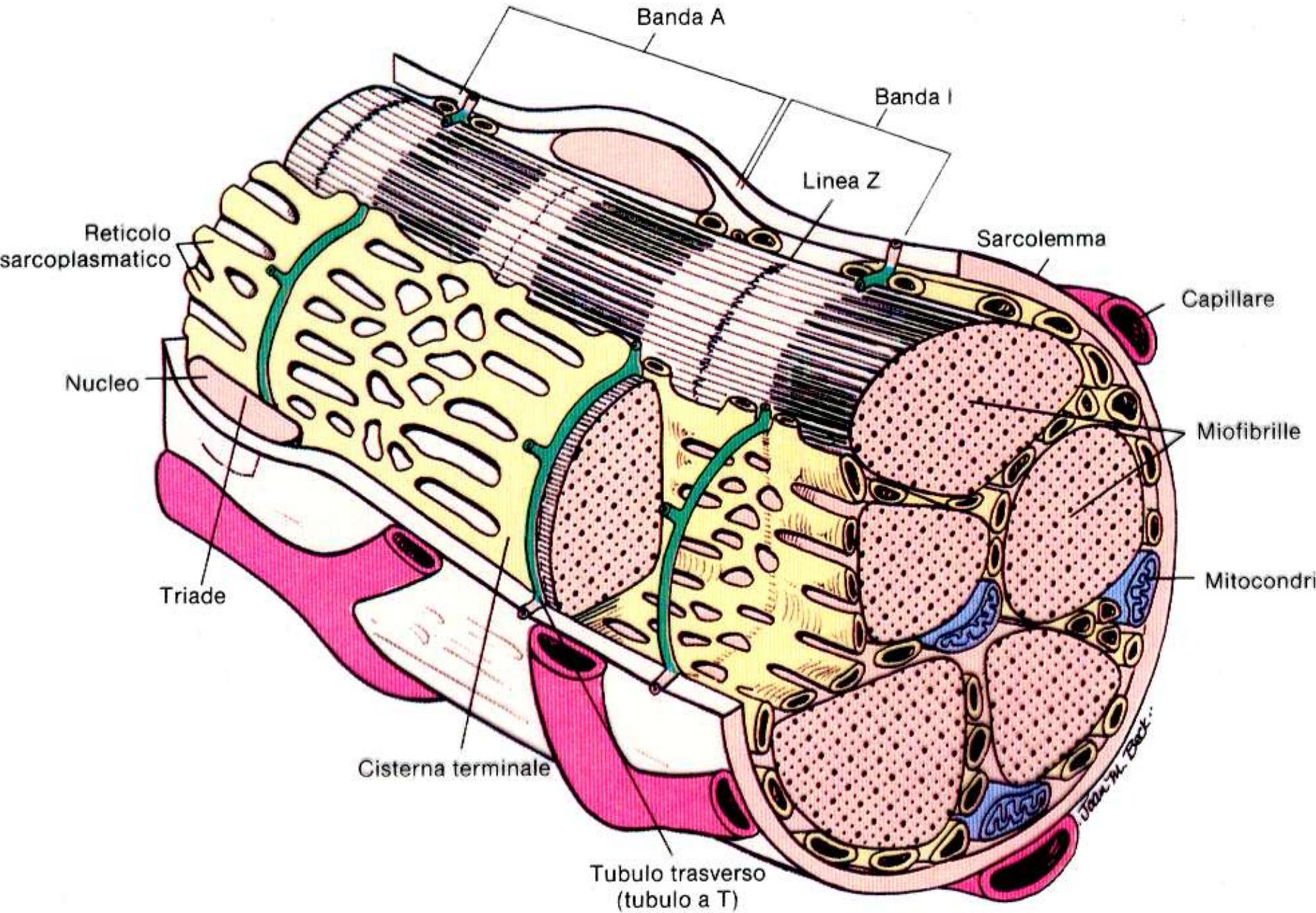
Caratteristiche morfologiche delle fibre muscolari

Tipologie di fibre	ST	FTa	FTb
Velocità di conduzione m/s	60 – 80	80 – 100	80 – 130
Frequenza	5 – 30	60 – 70	60 – 80
Lunghezza delle fibre	+	++	+++
Lunghezza dei sarcomeri	+	+++	+++
Numero delle miofibrille	+	++	+++
Numero di fibre dell'U.M.	+++	++	+
Tempo di contrazione msec	100 – 150	50 – 90	40 – 80

- Rapporti tra fibre muscolari, fascicoli e tessuto connettivo associato.



- Innervazione e irrorazione sanguigna di un muscolo. Arterie, vene e nervi decorrono assieme nel tessuto connettivo delle fibre muscolari. Si diramano in prossimità di una singola fibrocellula muscolare.



Banda A

Banda I

Linea Z

Sarcolemma

Capillare

Miofibrille

Mitocondrio

Reticolo sarcoplasmatico

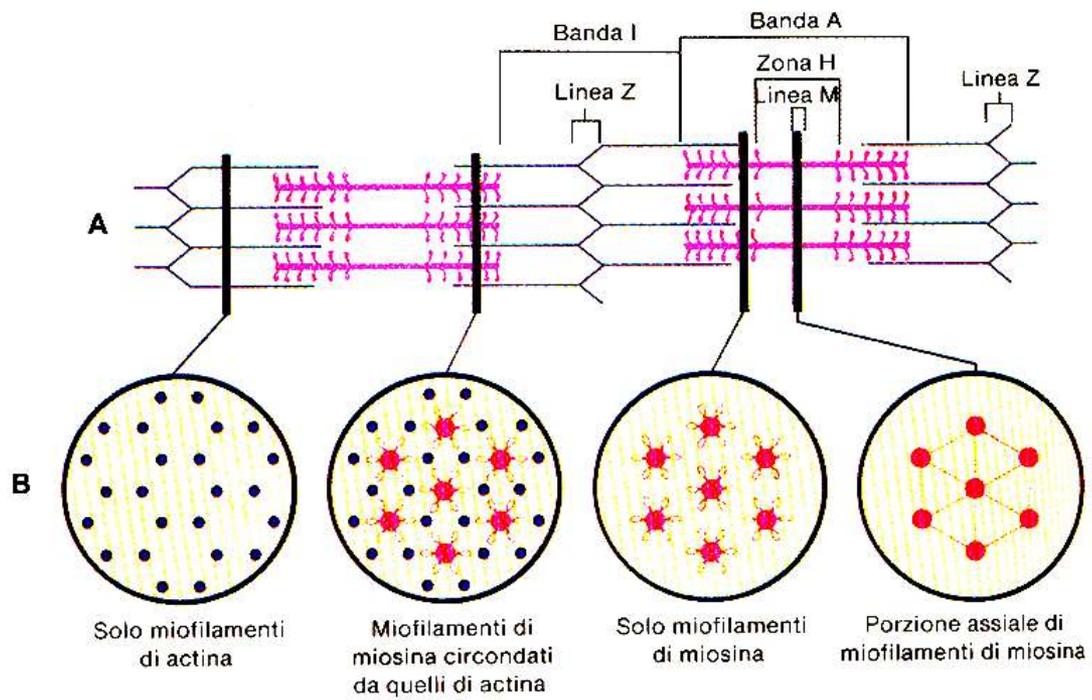
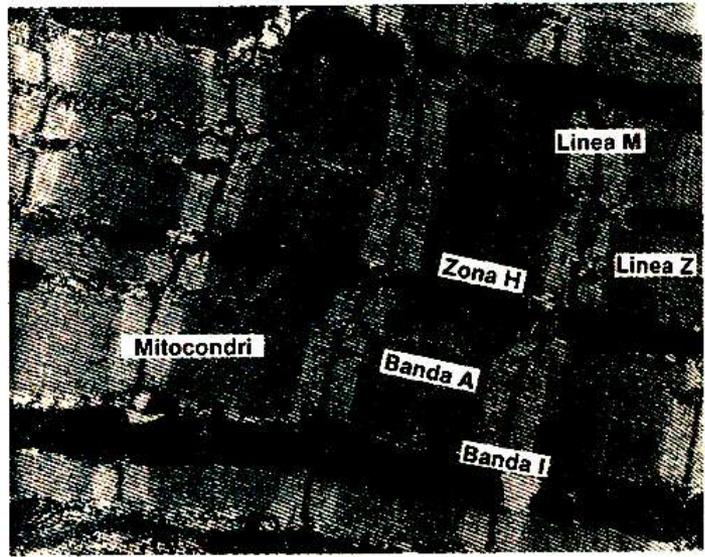
Nucleo

Triade

Cisterna terminale

Tubulo trasverso (tubulo a T)

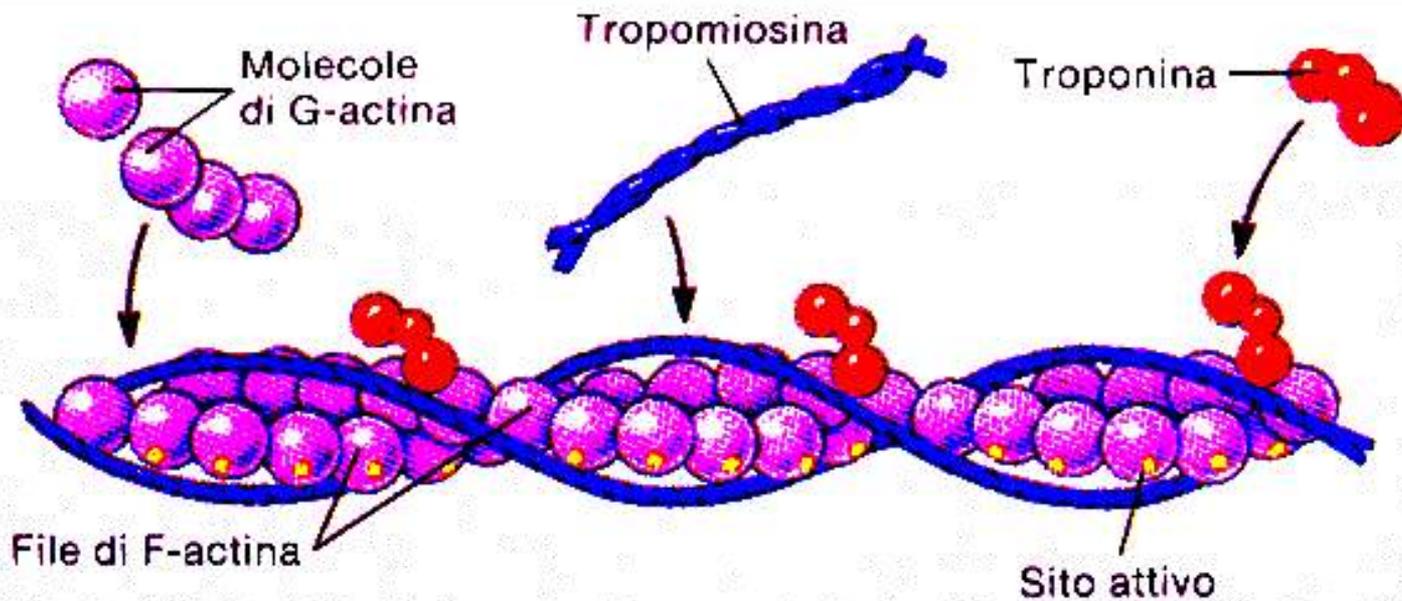
1988 M. Beck...



Particolarità:

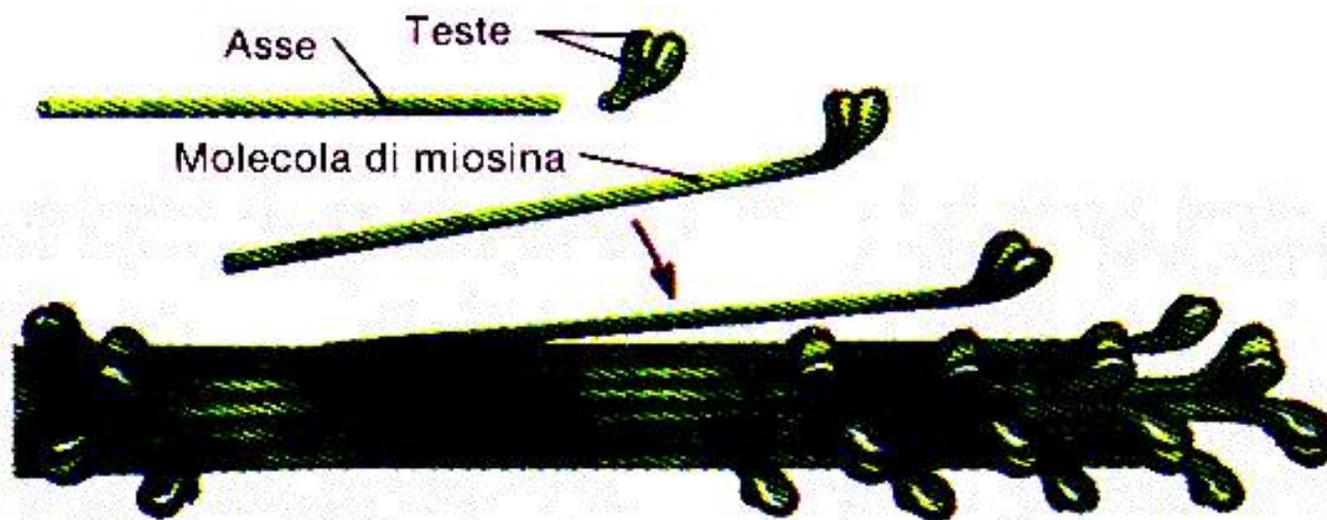
- Ogni miofilamento di miosina risulta essere circondato da 6 miofilamenti di actina
 - Nella parte centrale della BANDA A esiste una ZONA H, in cui i miofilamenti non si sovrappongono e dove sono presenti solo i miofilamenti di MIOSINA
- La LINEA M rappresenta il centro della ZONA H e mantiene in sede i miofilamenti di MIOSINA
 - Ogni miofilamento di ACTINA è costituito:
 - 2 cordoni di ACTINA FIBROSA (actina F)
 - 1 serie di molecole di TROPOMIOSINA
 - 1 serie di molecole di TROPONINA
- Ogni cordone di ACTINA F è un polimero di circa 200 unità di ACTINA G
 - Ogni monomero di ACTINA G possiede un sito attivo cui si lega la MIOSINA
- La TROPOMIOSINA avvolge a doppia elica l'ACTINA F e ricopre 7 siti attivi di ACTINA G





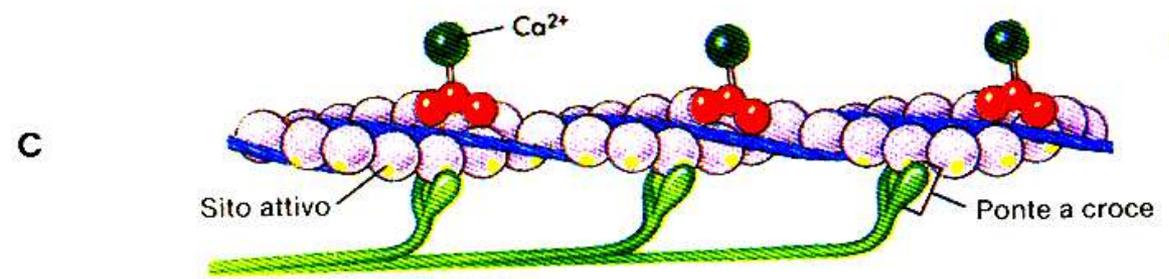
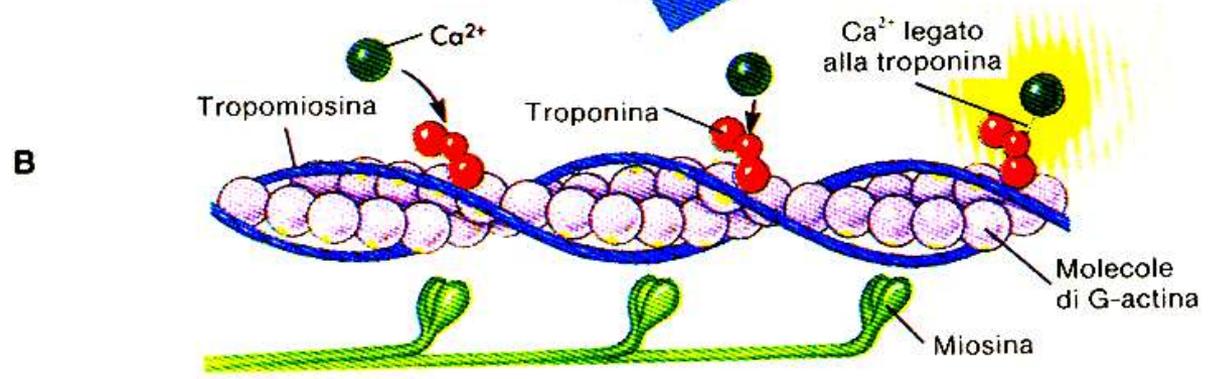
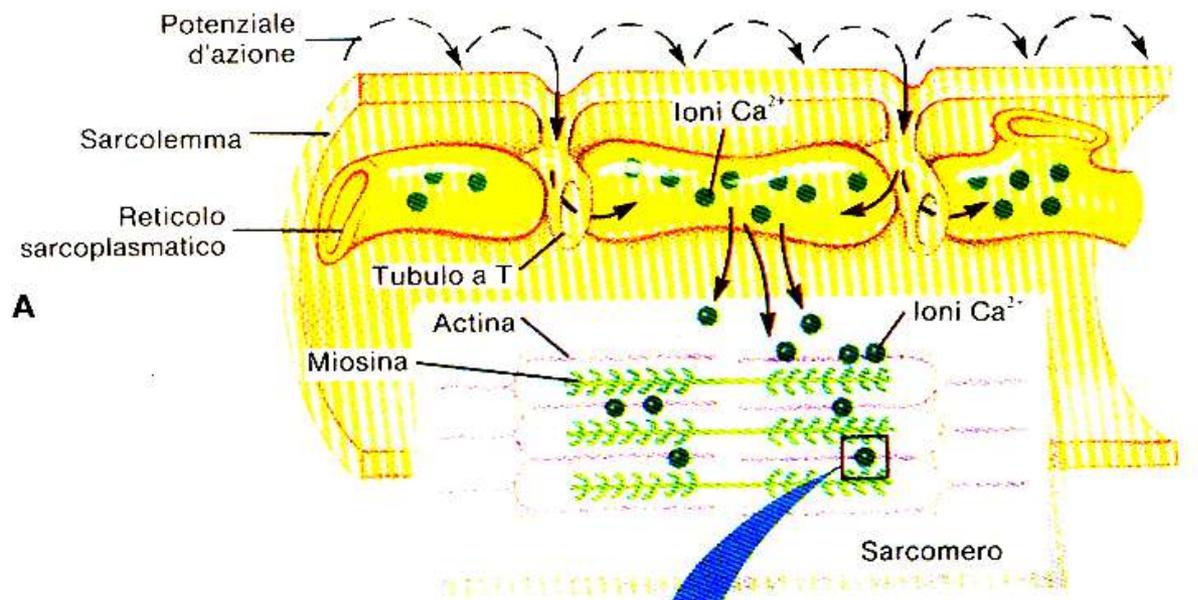
MIOFILAMENTO DI ACTINA (sottile)

A

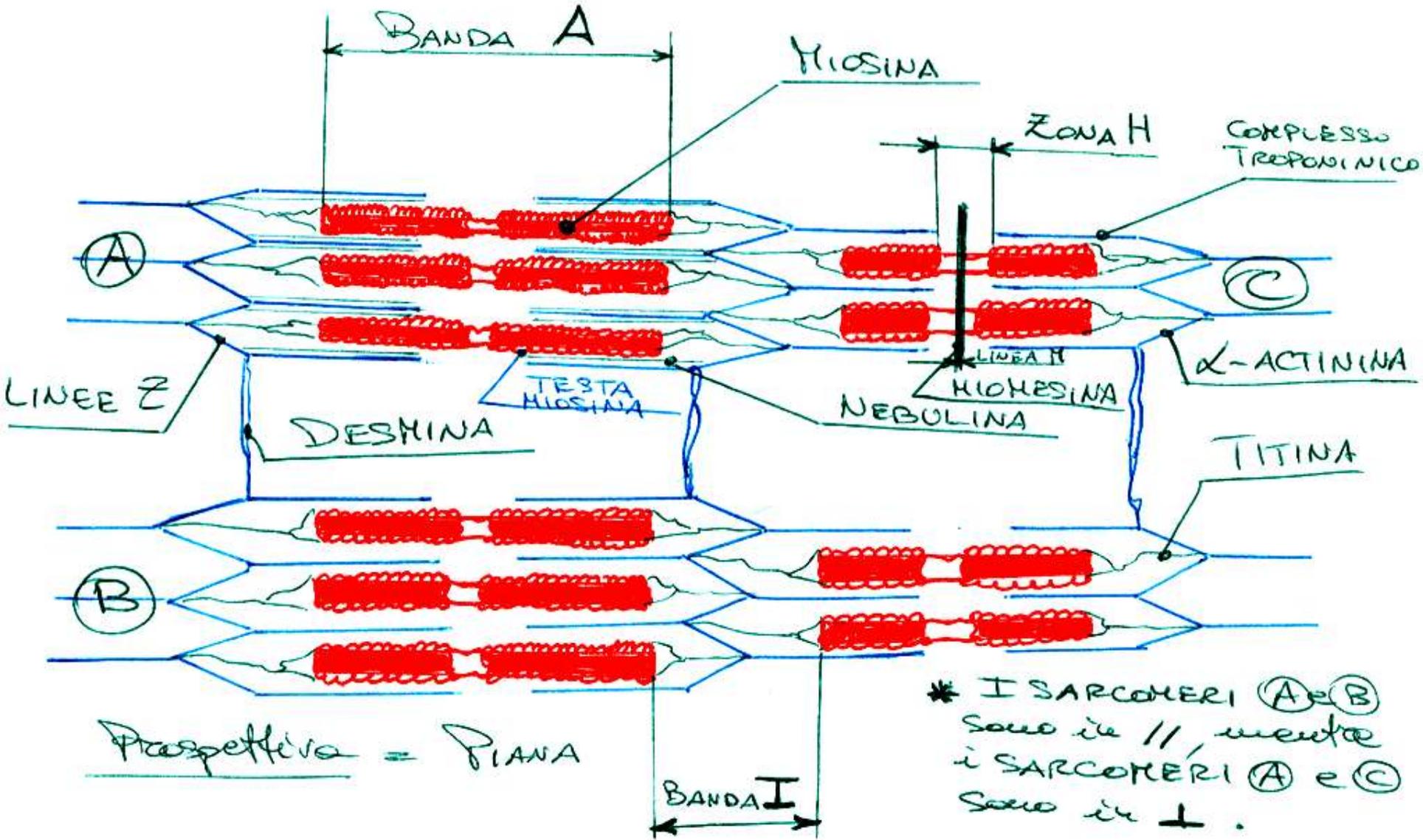


MIOFILAMENTO DI MIOSINA (spesso)

B

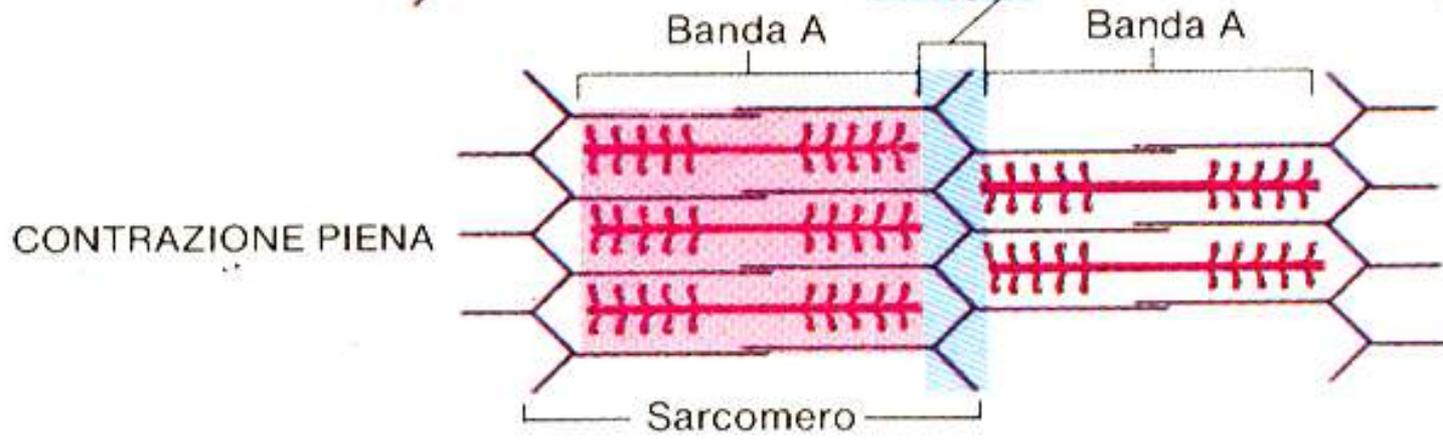
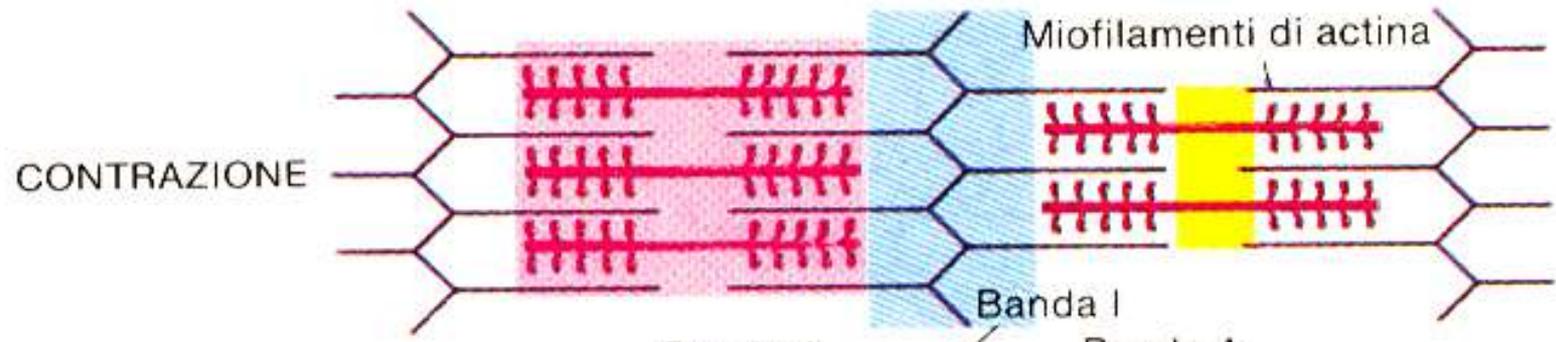
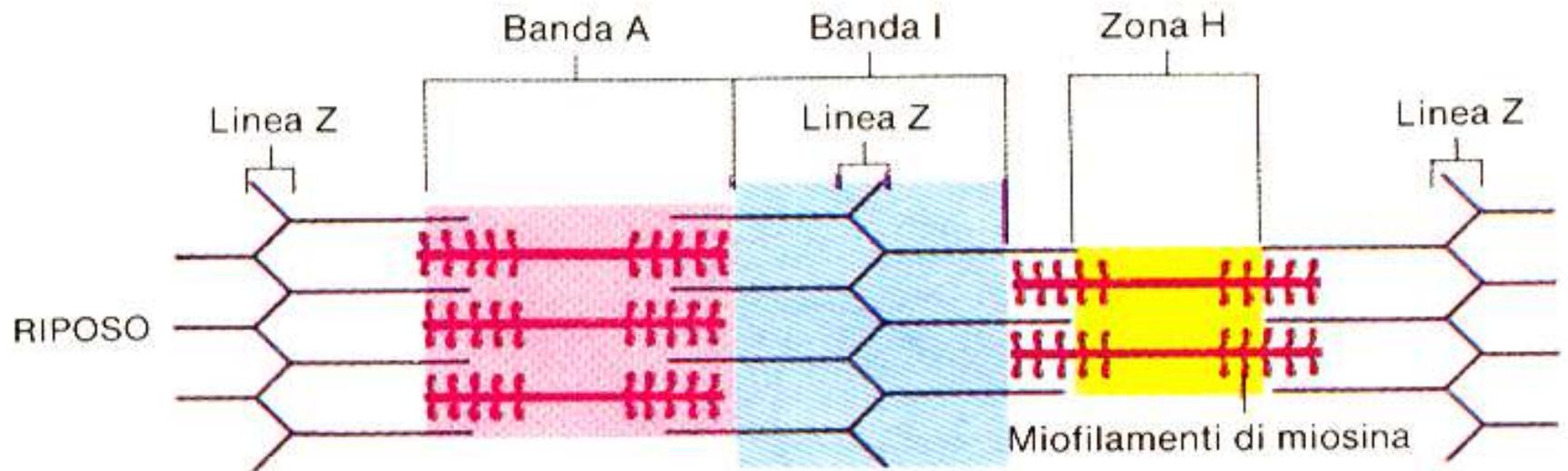


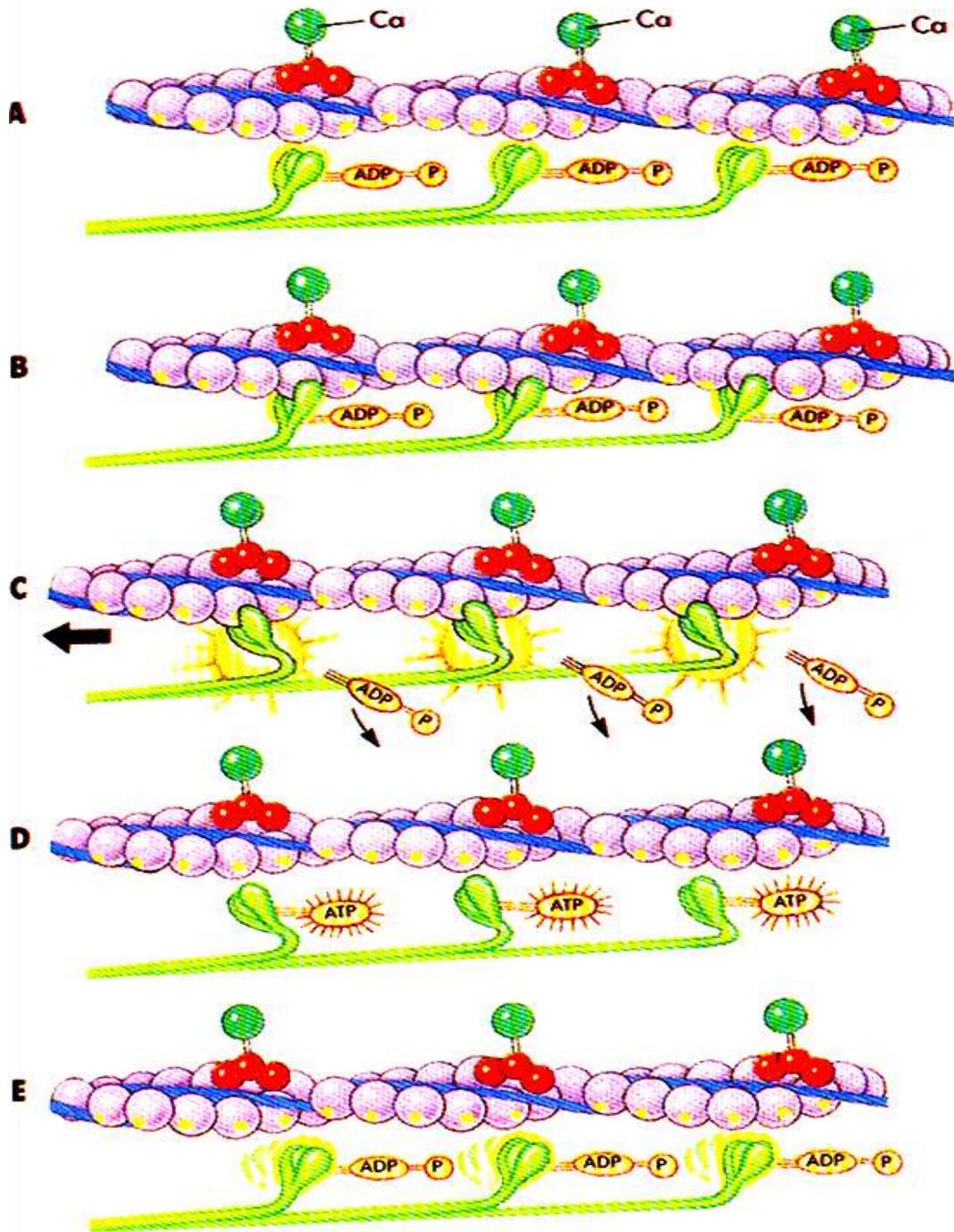
Teoria di Davies



Particolarità:

- **BANDA A**: è una banda scura anisotropa e si estende per tutta la lunghezza della MIOSINA all'interno del SARCOMERO; durante la contrazione non varia la sua lunghezza
- **ZONA H**: è una zona dove i miofilamenti non si sovrappongono e dove sono presenti solo i miofilamenti di miosina; è una zona denominata "SPOGLIA" dove ha luogo il legame della proteina H che lega fra loro le EMIMIOSINE; la zona H durante la contrazione può scomparire in seguito al fenomeno della contrazione
 - **LINEA M**: è la proteina che tiene legati i miofilamenti di MIOSINA
- **COMPLESSO TROPONINICO**: è l'insieme dell'ACTINA, della TROPONINA e della TROPOMIOSINA; questo complesso è il vero interruttore nel processo di contrazione
- **LINEA Z**: rappresenta un intreccio di miofilamenti in cui l'actina si ancora alla miosina durante il meccanismo della contrazione muscolare; quando le linee Z si avvicinano per la formazione del CROSS - BRIDGE si assiste all'accorciamento del sarcomero
 - **BANDA I**: è una banda chiara ISOTROPA; durante la contrazione la banda I si accorcia (idem la zona H)
- **DESMINA**: è una proteina miofilamentosa che collega le unità contrattili (conferisce la configurazione striata di una fibra)
- **α - ACTININA**: è una proteina miofilamentosa, facente parte delle linee Z, che mantiene ancorata l'actina al sarcomero (le fibre toniche contengono > questa proteina)
 - **NEBULINA**: rappresenta la lunghezza dell'actina; è un miofilamento sottile
 - **MIOMESINA**: fissa la titina al centro del sarcomero
- **TITINA**: mantiene la miosina al centro del sarcomero anche durante la contrazione muscolare, rappresenta la lunghezza della miosina





Percentuale delle unità motorie:

**percentuali delle fibre lente e veloci
presenti nei muscoli dell'uomo**



Muscolo	% ST	%FTa	%FTb	Muscolo	% ST	%FTa	%FTb
ADD. Breve	45	15	40	ADD. Lungo	45	15	40
Grande ADD.	55	15	30	Gemelli	50	20	30
Grande Gluteo	50	20	30	Gluteo M/P	50	20	30
Ileo psoas	50	/	50	Otturatore E/I	50	20	30
Pettineo	45	15	40	Piriforme	50	20	30
Psoas	50	20	30	Bicipite Fem.	65	10	25
Gracile	55	15	30	Sartorio	50	20	30
Semimembranoso	50	15	35	Semitendinoso	50	15	35
Tensore fascia lata	70	10	20	Popliteo	50	15	35
Q. Vasto intermedio	50	15	35	Q. Vasto lat.	45	20	35
Q. Vasto mediale	50	15	35	Q. Retto fem.	45	15	40
Soleo	75	15	10	Tibiale ant.	70	10	20
Grande dorsale	50	/	50	Retto addom.	46	/	54
Bicipite brachiale	50	/	50	Brachioradiale	40	/	60
Deltoide	60	/	40	Grande pett.	42	/	58
Romboide	45	/	55	Tricipite brach.	33	/	67
Trapezio	54	/	46	Sovraspinoso	60	/	40

Legge di Borelli e Weber Fick

- "La lunghezza delle fibre è proporzionale all'accorciamento ottenuto dalla loro contrazione e questo è circa uguale alla metà della lunghezza delle fibre", ovvero se un muscolo possiede fibre della lunghezza di 10 cm si potrà accorciare di circa 5 cm, al contrario se si accorciarsse di 5 cm, significa che le sue fibre possiedono una lunghezza di 10 cm.

Generalizzando, ci sono quattro tipi di movimento che un muscolo può compiere:

1. Ad ampiezza completa, massimo allungamento massima contrazione
2. Allungamento completo, contrazione incompleta
3. Allungamento incompleto, contrazione completa
4. Allungamento e contrazione incomplete



Allungamento completo e Accorciamento completo

- Il lavoro muscolare viene effettuato per tutta l'escursione articolare possibile.
- Conseguenze:
 - Allungamento del ventre muscolare
 - Accorciamento dei tendini (pari all'entità di allungamento del ventre muscolare)
 - La lunghezza del muscolo a riposo non varia.



Allungamento completo e Accorciamento incompleto

- Il lavoro muscolare non viene effettuato in modo completo nella fase concentrica, ma solo nella fase eccentrica:
 - Accorciamento del ventre muscolare
 - Allungamento dei tendini (maggiore dell'entità dell'accorciamento muscolare).
 - La lunghezza del muscolo a riposo aumenta
- Es.: soggetto cifotico esegue esercizi per accorciamento dorsali ed esercizi per allungamento pettorali (panca piana parziale in allungamento).



Allungamento incompleto e Accorciamento completo

- Il lavoro muscolare viene effettuato in maniera completa solo nella fase concentrica:
 - Accorciamento del ventre muscolare
 - I tendini non variano
 - La lunghezza del muscolo a riposo diminuisce
- Es.: soggetto iperlordotico (eccessivo allungamento addominali e accorciamento lombari). Soluzione: crunch in accorciamento completo e allungamento incompleto e lombari in accorciamento incompleto e allungamento completo.



Allungamento incompleto e Accorciamento incompleto

- Il lavoro muscolare non è mai completo né in fase di contrazione eccentrica né in fase di contrazione eccentrica:
 - Accorciamento ventre muscolare
 - Parziale accorciamento tendini
 - Lunghezza del muscolo a riposo diminuisce notevolmente non in modo fisiologico
- Questo tipo di esercizi crea un'eccessiva rigidità quindi è sconsigliato. Limita notevolmente l'ampiezza dei movimenti.



Charles Sherrington, 1924

Muovere le cose è tutto ciò che il genere umano può fare; a tal fine l'unico esecutore è il muscolo, sia per bisbigliare una sillaba che per abbattere una foresta



Propriocezione:

- Senso di posizione (esempio: ad occhi chiusi)
 - Senso del movimento (esempio: velocità angolare)
- Senso della forza (esempio: discriminazione del grado di forza da impegnare in un movimento)



La Contrazione Muscolo Cardiaca e Respiratoria: aspetti neurofisiologici



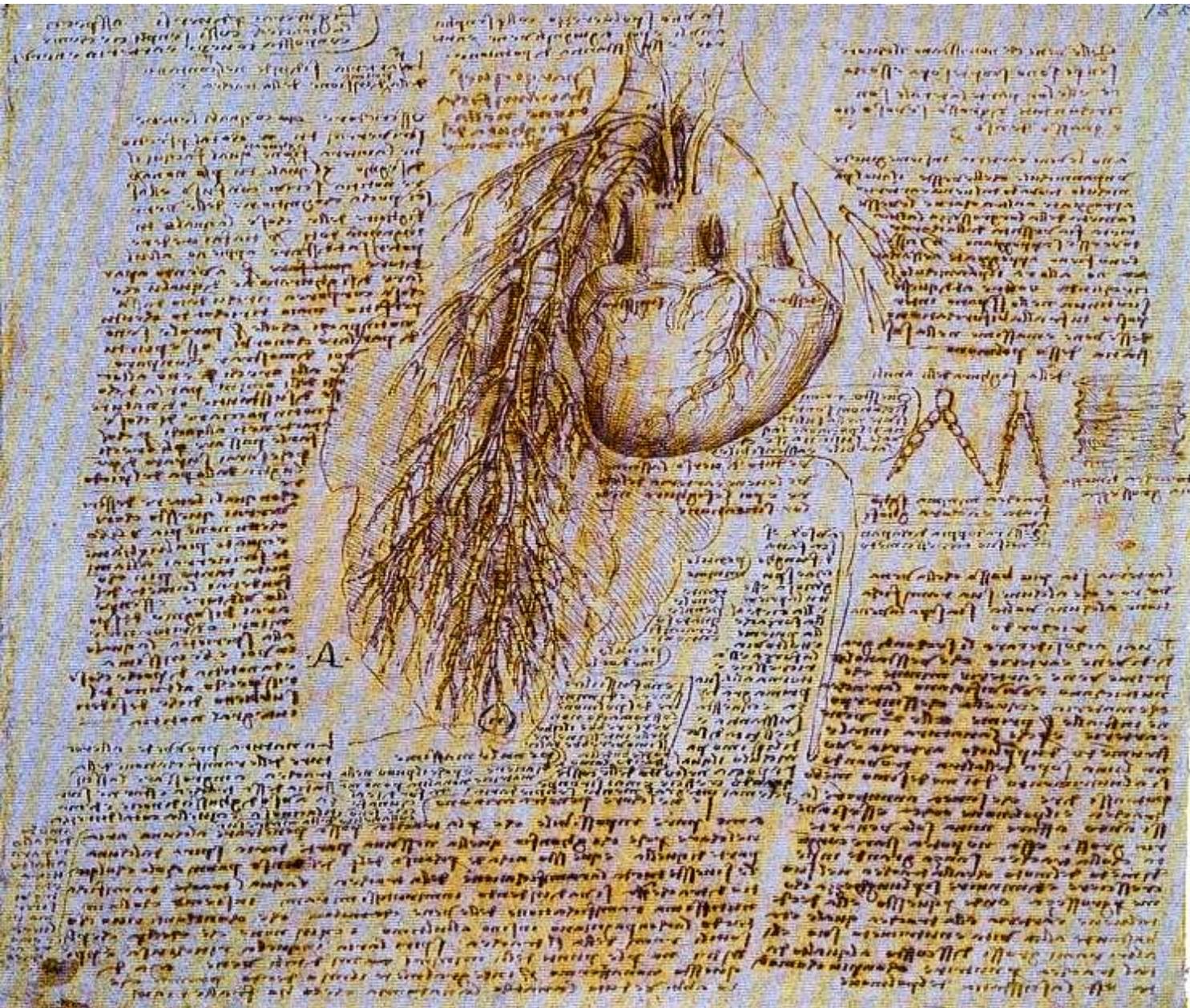
Cuore:

L'ILLUSTRAZIONE VISIVA TRIONFA

Negli anni tardi della sua vita (1513 circa) Leonardo studiò attentamente il cuore, seppure quello bovino e non umano.

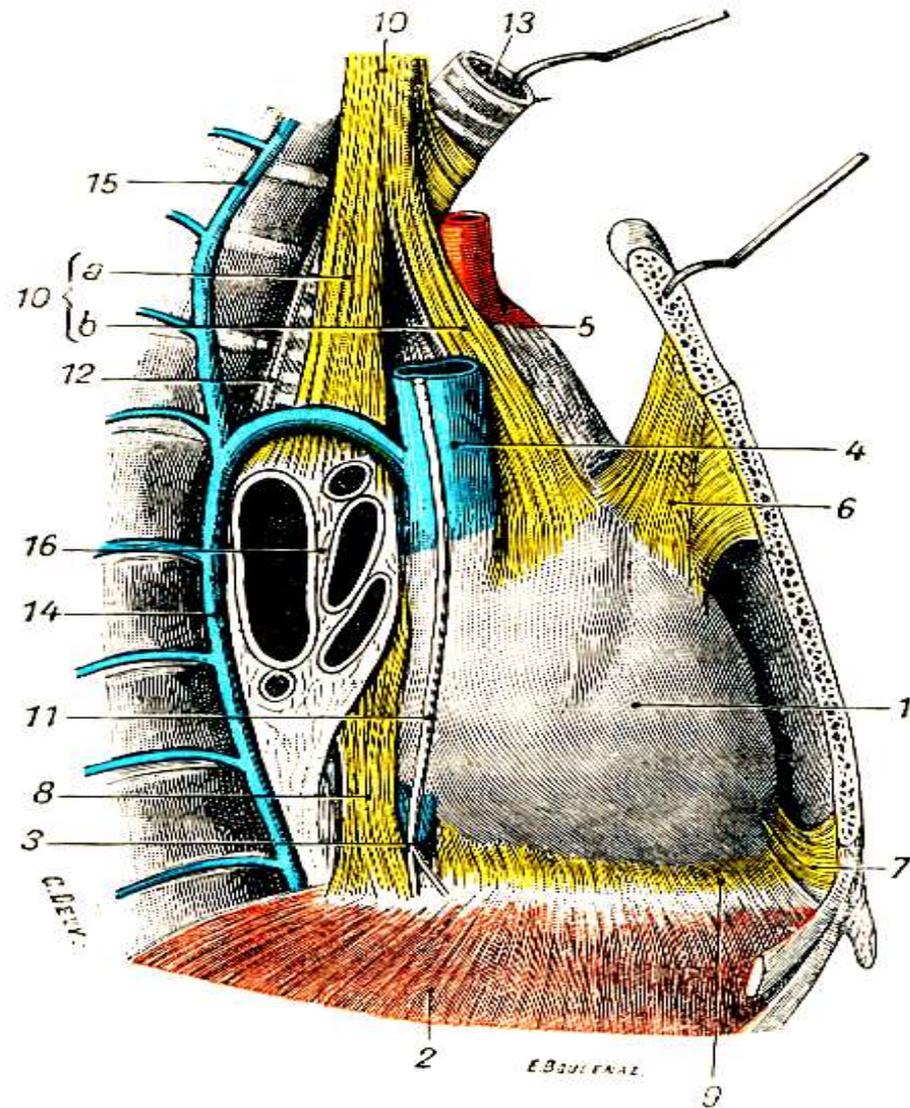
In questo disegno (RL 19071 r; K/P 162 r) il cuore e il polmone sono indagati insieme alla trachea e alle arterie bronchiali e polmonari.

Nella lunga nota sulla sinistra del foglio Leonardo ribadisce la superiorità dell'illustrazione visiva rispetto alla parola scritta ai fini della comprensione dell'anatomia umana.



Anatomia:

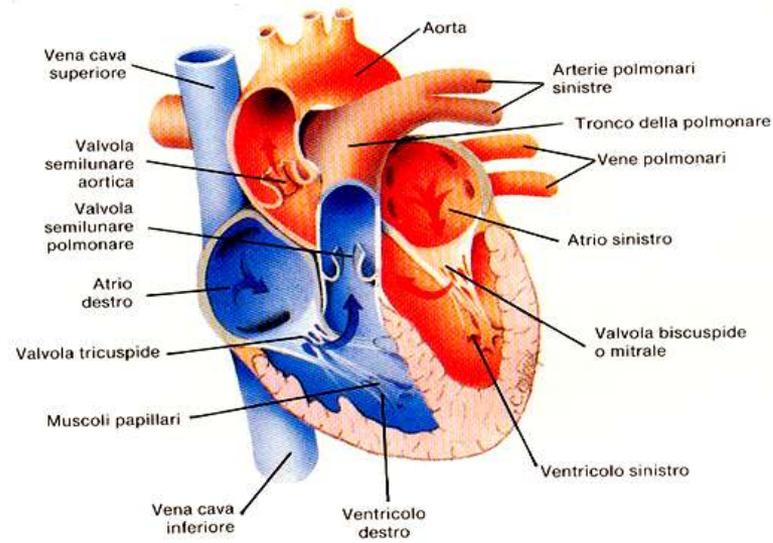
- **Posizione anatomica:** porzione anteriore del torace a forma di cono rovesciato con la base rivolta verso l'alto e a dx e la punta rivolta verso il basso e a sn, all'interno del mediastino
 - **Livello vertebrale:** D4 - D8 vertebre cardiache (*Testut - Latarjet*)
 - **Livello costale:** K1 - K6
 - **Embriologia:** sviluppo precocissimo a livello embrionale rappresentato da due cellule angioblastiche di origine entodermica e mesodermica, nella zona più distale dell'abbozzo encefalico
 - **Mezzi di fissità:** continuità dei grossi vasi, legamenti freno pericardici (anteriori e laterali), sterno pericardici (superiori ed inferiori), vertebro pericardici di Beraud (descritto per la prima



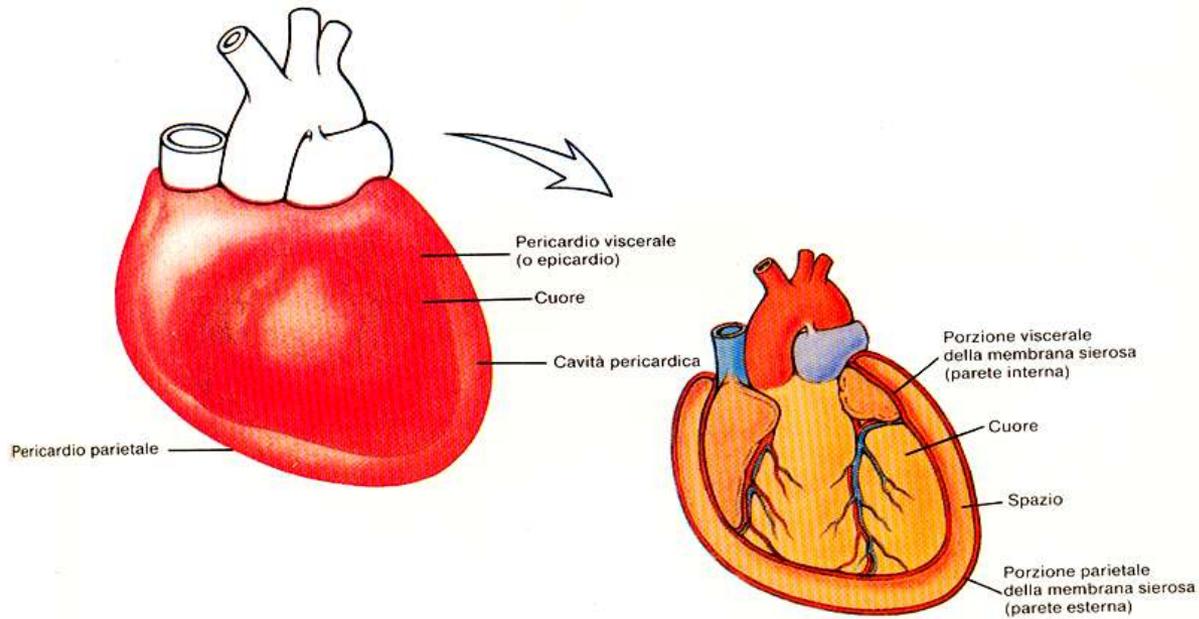
I ligamenti del pericardio veduti lateralmente da destra.

1, cuore, rivestito dal pericardio; 2, m. diaframma; 3, v. cava inferiore; 4, v. cava superiore; 5, a. aorta; 6, ligamento sternopericardico superiore; 7, ligamento sternopericardico inferiore; 8, ligamento frenopericardico anteriore; 9, ligamento frenopericardico posteriore; 10, ligamento vertebropericardico, con *a* fascio posteriore, che si perde a livello del-filo; *b*, fascio anteriore, che si porta alla parte antero-superiore del pericardio (quest'ultimo ligamento è stato riprodotto esattamente secondo una figura di TEUTLEBEN); 11, n. frenico; 12, n. vago; 13, trachea, uncinata e spostata in avanti; 14, v. azigos; 15, tronco comune delle vene intercostali superiori di destra; 16, ilo del polmone.

Flusso sanguigno normale



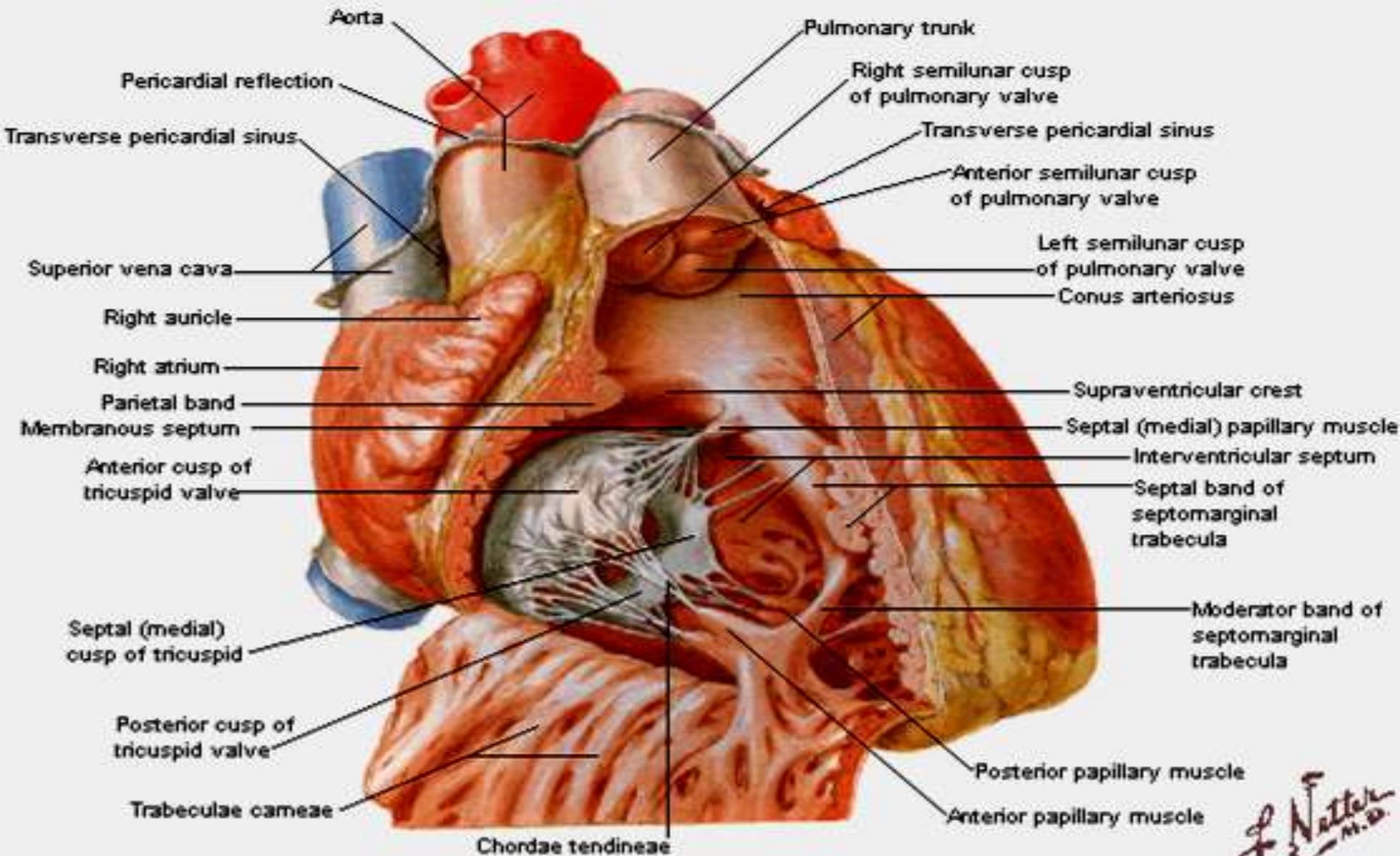
- Sezione frontale del cuore che evidenzia le quattro cavità e la direzione del flusso sanguigno attraverso di esse. I grandi vasi si immettono o fuoriescono dalle cavità.



- Il cuore nel pericardio. Il pericardio viscerale e quello parietale si continuano l'uno nell'altro. Il pericardio fibroso è in continuità col tessuto connettivo dei grandi vasi.

Opened Right Ventricle

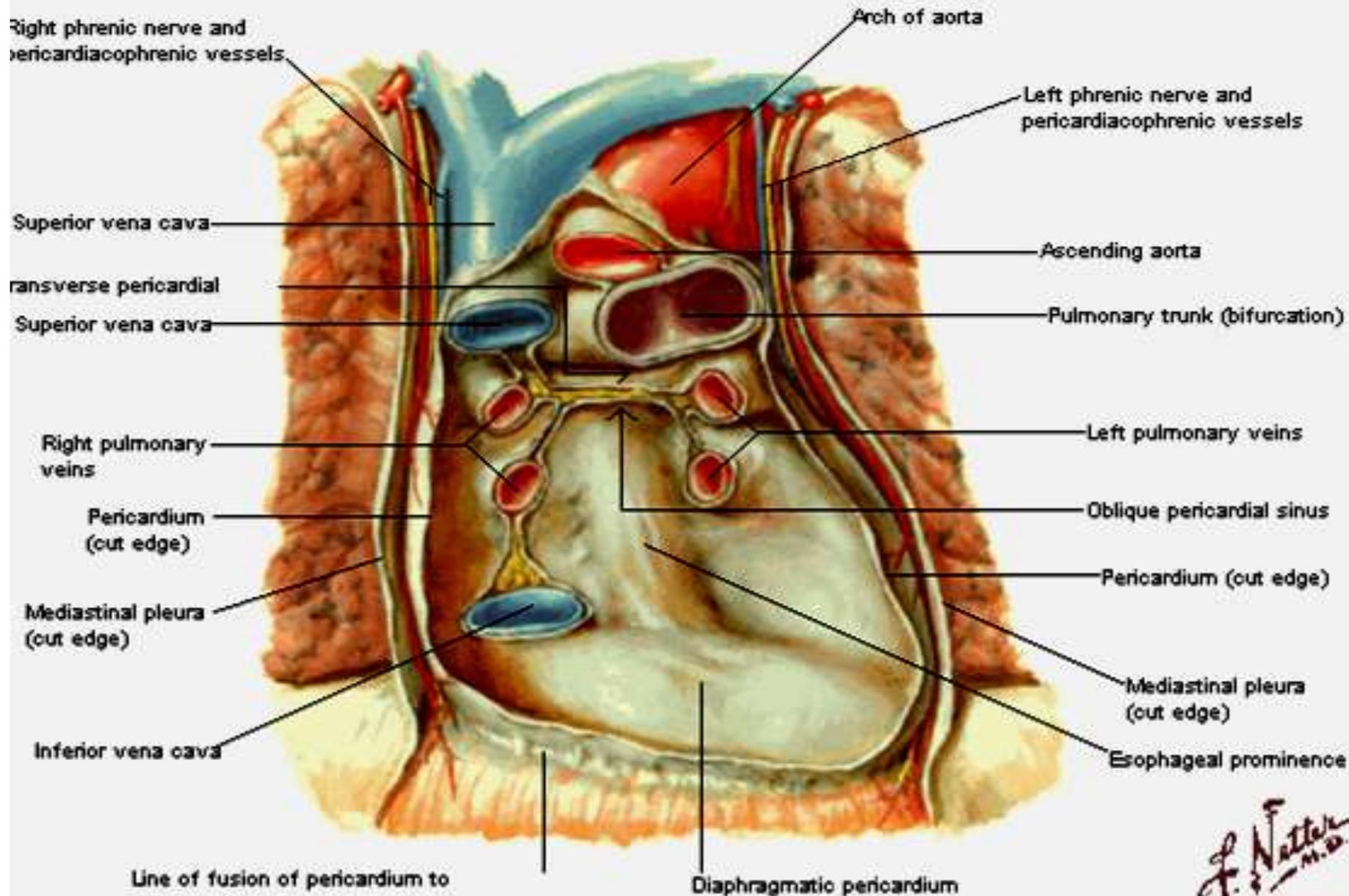
Anterior View



F. Netter M.D.

Pericardial Sac - Heart Removed

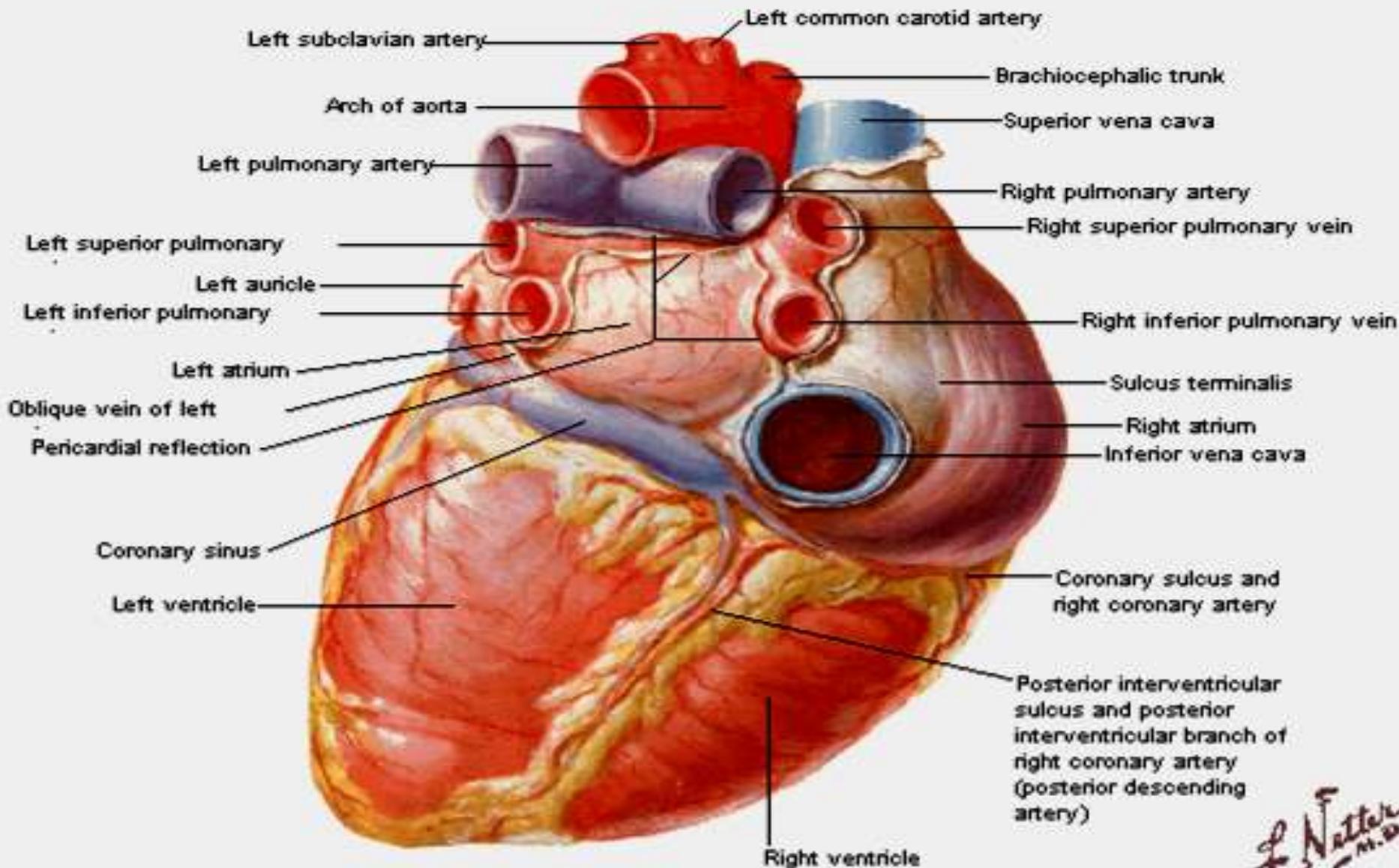
Anterior View



F. S. Netter, M.D.

Heart - Diaphragmatic Surface

Posteroinferior View



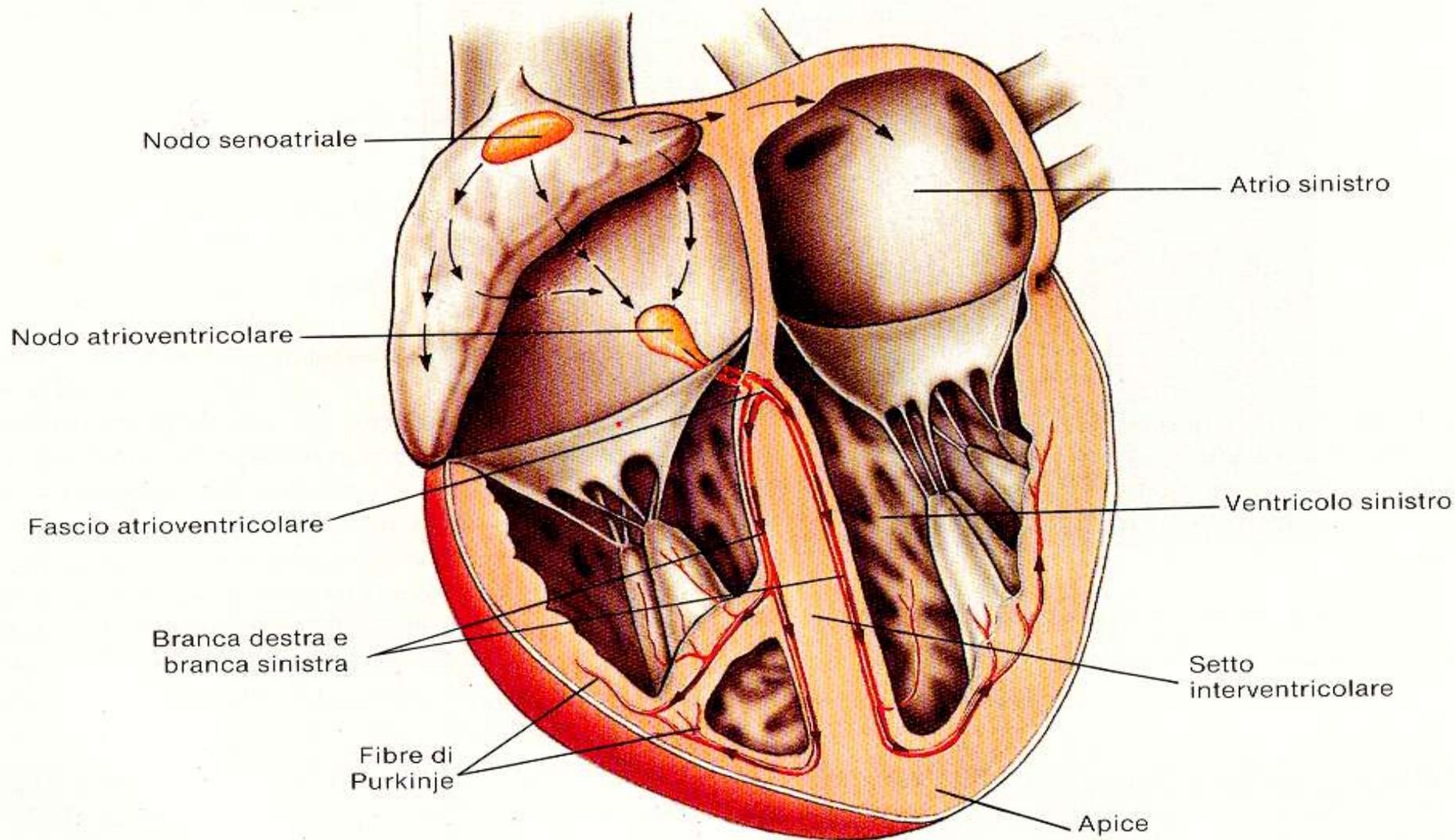
Fisiologia:

- **Pompa sodio - potassio**
- **Condizioni di riposo** = produzione di ATP dal metabolismo dei grassi
 - **Ciclo elettrico** = nodo del seno atriale o di Keith - Flack + nodo atrioventricolare o di Aschoff - Tawara + fascio di His + rami terminali delle due branche con le fibre del Purkinje + setto interventricolare dx e sn = contrazione miocardica
- **Potenziale d'azione:** all'interno del quale si riconosce un periodo di refrattarietà relativa ed assoluta (la fase di depolarizzazione del muscolo cardiaco è > rispetto a quello scheletrico ed è denominata FASE di PLATEAU)
 - *I potenziali d'azione del muscolo cardiaco sono condotti da una cellula all'altra, mentre nel muscolo scheletrico sono condotti all'interno della singola cellula; inoltre la velocità di propagazione dei potenziali d'azione è < nel cuore rispetto ai muscoli scheletrici, perché le fibre sono + corte ed hanno < diametro*

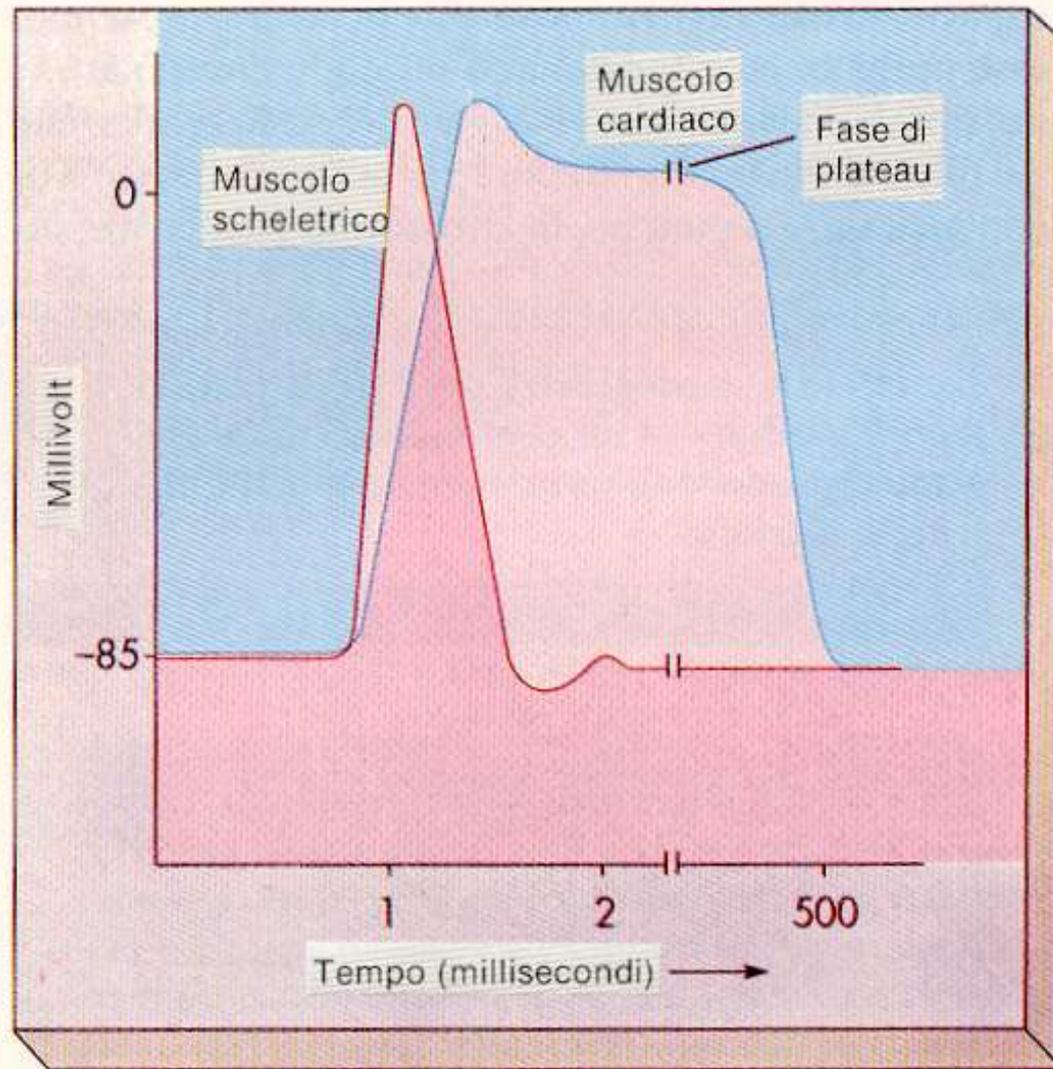


Fisiologia:

- **Gittata sistolica:**
 $GS = GC / FC$ (ml/battito)
- **Riserva cardiaca:**
 $RC = GC \text{ massima} - GC \text{ a riposo}$
- **Pressione arteriosa:**
 $PA = GC \times Rp$
- **Ciclo cardiaco:** successione di eventi che avvengono e si ripetono nel cuore durante l'attività cardiaca
- **Sistole:** fase di contrazione
- **Diastole:** fase di rilasciamento
- **Sistole atriale:** dura 0.1" (l'atrio sn è in ritardo rispetto al dx di 0.01")
- **Sistole ventricolare:** inizia 0.01" dopo la sistole atriale
- L'atrio resta in diastole, dopo la sua sistole, per i rimanenti 0.7 " dell'intero ciclo cardiaco
- **Contrazione isometrica cardiaca:** fase in cui l'inizio della sistole ventricolare non fa variare il contenuto liquido presente nelle cavità (0.04 - 0.06")
- **Sistole isotonica:** momento in cui il sangue fuoriesce dai ventricoli (0.30")
- **Riempimento diastolico:** momento in cui si assiste alla caduta di pressione ventricolare con il sangue che fluisce nei



- Sistema di conduzione del cuore. Gli impulsi (*freccie*) viaggiano attraverso la parete dell'atrio destro dal nodo senoatriale al nodo atrioventricolare. Il fascio atrioventricolare si estende dal nodo atrioventricolare, attraverso lo scheletro fibroso, fino al setto interventricolare dove si divide in branca destra e sinistra. Le branche scendono verso l'apice di ogni ventricolo e poi si diramano più volte nelle pareti ventricolari.



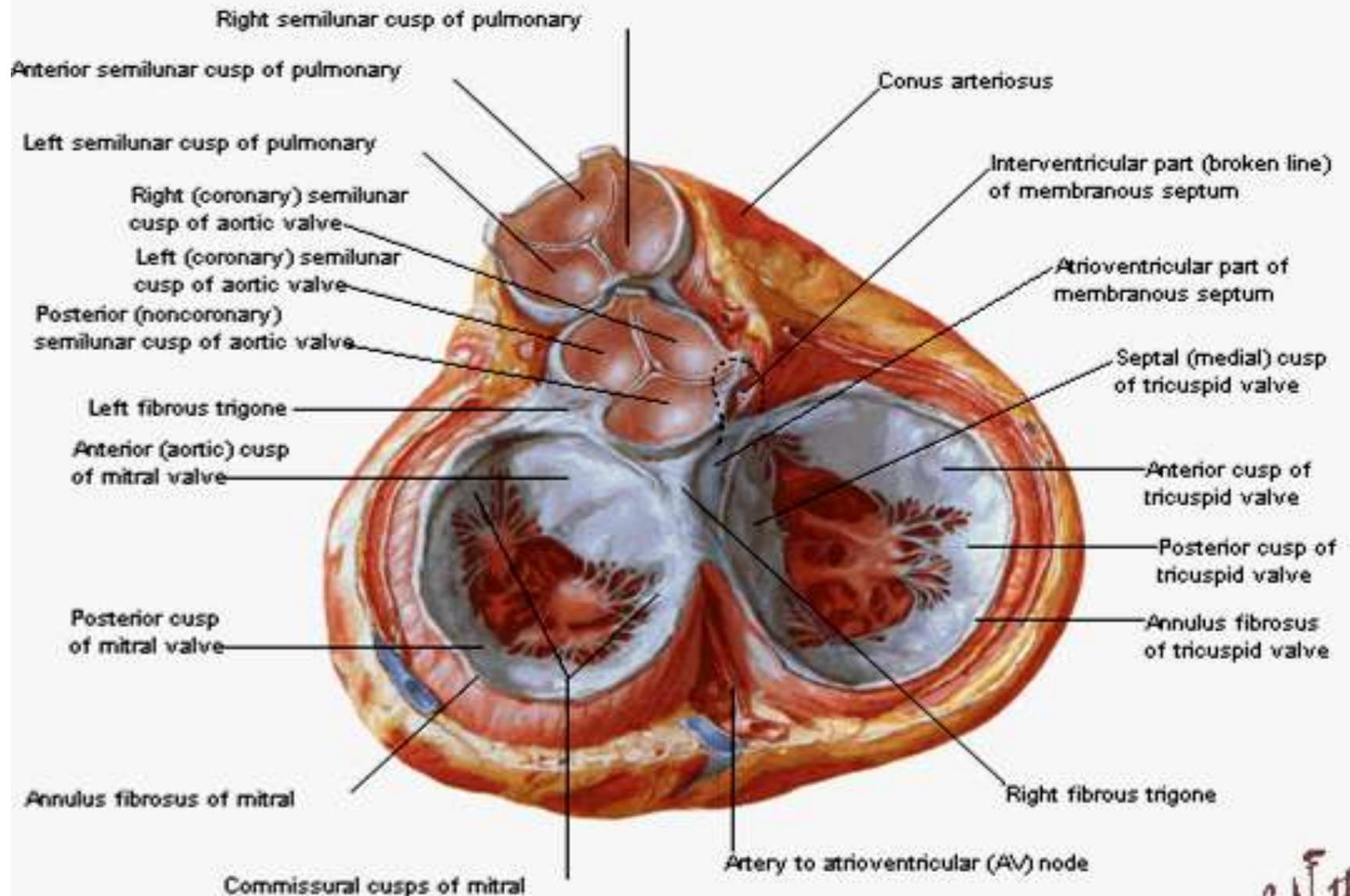
- Potenziali d'azione del muscolo scheletrico (*linea rossa*) e del muscolo cardiaco (*linea blu*) a confronto. La depolarizzazione del muscolo cardiaco dura considerevolmente più a lungo di quella del muscolo scheletrico.

Fisiologia:

- **Toni cardiaci:** eventi meccanici auscultabili durante la successione degli eventi cardiaci
- **1° tono** = inizio della sistole ed è prodotto dalla chiusura delle valvole atrioventricolari (0.18”)
- **2° tono** = fine della sistole e inizio della diastole; è prodotto dalla chiusura delle valvole semilunari (0.9”)
- **Pause compensatorie:** si dividono in piccola o sistolica e grande o diastolica
- **Soffi cardiaci:** si dividono in sistolici o diastolici (funzionali o organici)
- **Proprietà:**
 - a) *inotropismo*: capacità di contrazione
 - b) *batmotropismo*: eccitabilità (capacità di rispondere ad uno stimolo elettrico)
 - c) *automatismo*: capacità di autostimolarsi)
 - d) *dromotropismo*: capacità di trasmissione dell’impulso elettrico

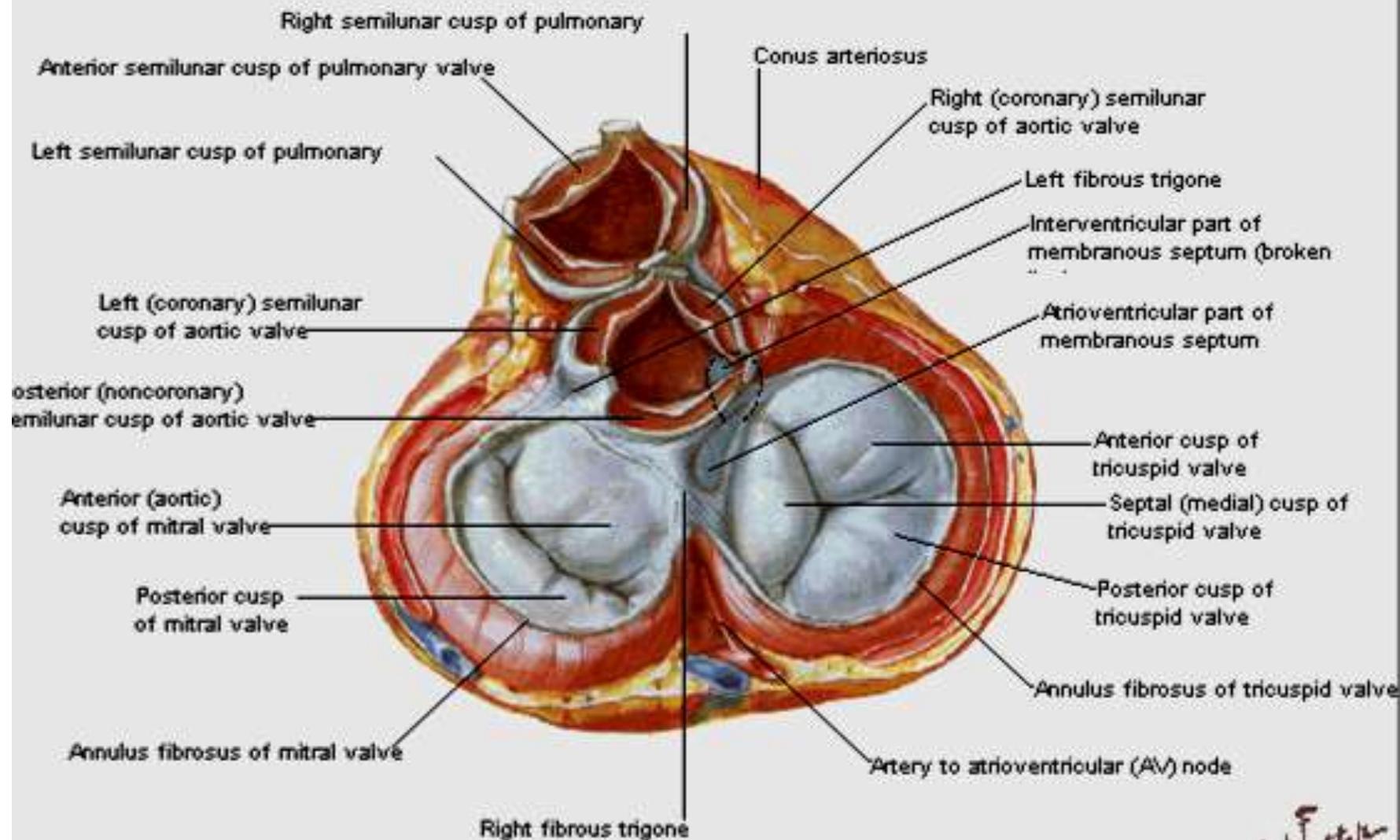


Valves of Heart in Diastole



Viewed from base with atria removed

Valves of Heart in Systole



Viewed from base with atria removed

Attività neurovegetativa del cuore ed endocrina:

- **AEC**: è regolata da meccanismi intrinseci ed estrinseci
- **Regolazione intrinseca**: dipende dalle normali funzioni cardiache ovvero legge di Starling > è il ritorno venoso > è la GC (il cuore funziona sia all'interno che all'esterno dell'organismo)
- **Regolazione estrinseca**: dipende dal sistema nervoso autonomo ed endocrino
- **Azioni della regolazione estrinseca**:
 - a) controllo della frequenza cardiaca
 - b) controllo della gittata cardiaca
 - c) controllo della pressione cardiaca
 - d) controllo dei livelli di O₂ e di CO₂
 - e) controllo del Ph ematico



Attività neurovegetativa del cuore:

- **Controllo parasimpatico:**

- nervo vago
- presenta fibre pre e post gangliari
- le fibre pre si estendono fino alle pareti del cuore grazie ai gangli parasimpatici
- le fibre post si estendono dai gangli parasimpatici fino al nodo del seno atriale, al nodo atrioventricolare, ai vasi coronarici, al miocardio
- effetto inibitorio (diminuzione del 10 - 20% della GS)

- **Controllo ortosimpatico:**

- fibre pregangliari della regione toracica (vertebre cardiache)
- sinapsi con le fibre post gangliari della catena cervicale simpatica che dirigendosi al cuore diventano nervi acceleranti
- le fibre post innervano il nodo del seno atriale, il nodo atrioventricolare, i vasi coronarici e il miocardio
- effetto eccitatore (aumento del 50 - 100% della GS)

Attività endocrina del cuore:

- L'attività simpatica controlla la secrezione della midollare del surrene (catecolamine)
- Stimoli: stress, attività fisica, emotività
- \uparrow catecolamine = \uparrow FC + \uparrow GS
- Catecolamine si legano ai recettori β adrenergici e stimolano la sintesi di AMP c
- Attività riflessa cardiaca = OMEOSTASI
- Centri nervosi dei riflessi cardiaci = BULBO
- BULBO = centro cardiaco inibitore + centro cardiaco acceleratore
- Riflessi:
 - a) oculo cardiaco (pressione dei bulbi oculari e riduzione di 5 batt./min)
 - b) barorecettore (registra le variazioni di pressione dei grandi vasi)
 - c) chemorecettore (registra la variazione di Ph e di CO₂)
 - d) variazioni di temperatura corporea (aumento della FC per aumento della temperatura)



I Test chinesiologicali:

- Metodi diretti a circuito chiuso e a circuito aperto (cardiologo)
- Metodi indiretti (85% della massima frequenza cardiaca teorica)



Innervazione polmonare:

- Plesso polmonare anteriore e posteriore formati dal nervo vago e da rami ortosimpatici provenienti dai primi 4 - 5 gangli toracici
- **Parasimpatico:** a livello bronchiale contrazione e secrezione
- **Ortosimpatico:** a livello bronchiale rilassamento



Fisiologia: “Respirazione”

- **Definizione:** meccanismo di scambio gassoso fra aria e sangue (gas = plasma senza elettroni con nuclei); soggiace al controllo dei centri nervosi ed è condizionata da fattori di ordine fisico - chimico e psichico (11 - 14 atti respiratori al minuto).
- La respirazione ha luogo meccanicamente grazie alla motilità involontaria automatica che continua anche durante il sonno.
 - La respirazione si divide in tre fasi:
 - f. inspiratoria di tipo biomeccanico attraverso leve di III genere interpotenti; l'espansione polmonare (*compliance* = capacità di distensione polmonare) è favorita dal velo liquido pleurico e dal surfattante (pressione atmosferica superiore a quella polmonare)
 - f. alveolare di tipo biochimico è caratterizzata dagli scambi gassosi fra aria e sangue; a livello alveolare l'aria cede al sangue l'ossigeno che si lega per oltre il 98% all'emoglobina eritrocitaria, mentre il sangue cede all'aria l'anidride carbonica, che nel sangue venoso è per il 7% in soluzione, per il 23% è combinata con l'emoglobina, e per il 70% è sotto forma di ioni bicarbonato; gli scambi avvengono per diffusione
 - f. espiratoria di tipo biomeccanico attraverso un ritorno elastico in fase di respirazione normale e/o un ritorno forzato in fase espiratoria accessoria



Muscoli inspiratori

Muscoli respiratori

Muscoli espiratori

Accessori

Sterno-cleido-mastoideo
(solleva lo sterno)

Scaleni

Anteriore
Medio
Posteriore
(sollevano e fissano le
coste superiori)

Principali

Intercostali esterni
(sollevano le coste,
aumentando il volume
della cavità toracica)

Parti intercartilaginee
degli intercostali interni
(pure sollevano
le coste)

Diaframma
(la cupola si abbassa,
aumentando così
la dimensione
longitudinale della
cavità toracica;
solleva anche le
coste inferiori)

**Meccanica costale a B. di
P. - a M. di S. - a C.**

Respirazione tranquilla

L'espirazione risulta
dalla retrazione passiva
dei polmoni

Respirazione forzata

Intercostali interni,
eccetto le loro parti
intercartilaginee

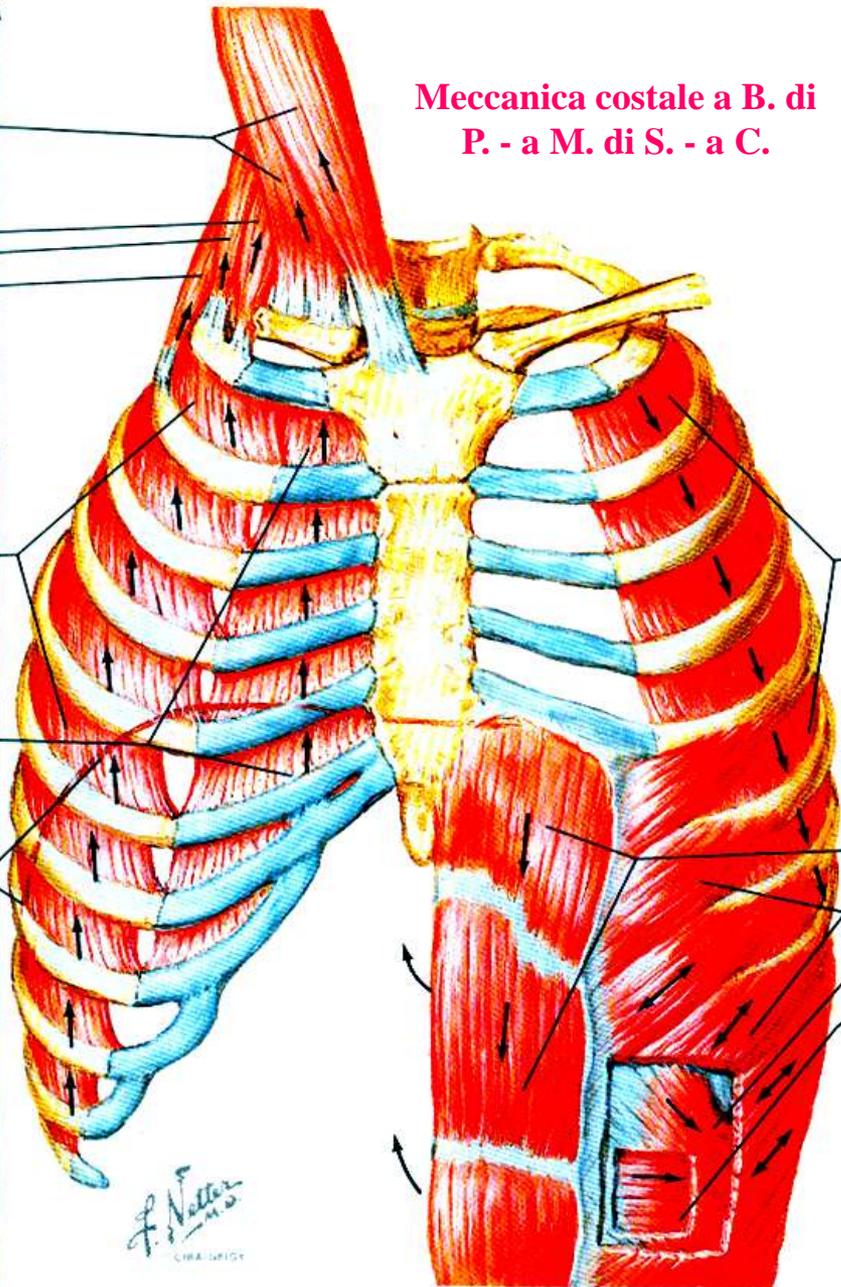
Muscoli addominali
(abbassano le coste
inferiori, comprimono
i visceri addominali
spingendo così verso
l'alto il diaframma)

Retto dell'addome

Obliquo esterno
dell'addome

Obliquo interno
dell'addome

Trasverso dell'addome



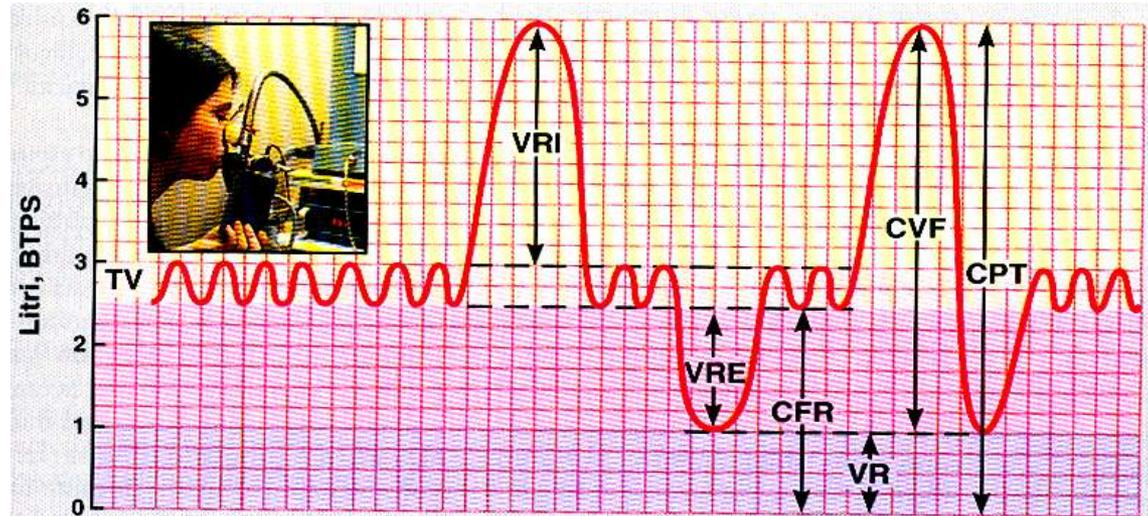
F. Natta
1950
L. P. G. R. I. D. E.

Spirometria e volumi polmonari:

La valutazione viene eseguita in BTPS ovvero a temperatura di 37°C, pressione ambiente in saturazione di vapore acqueo.

Ventilazione polmonare = 7500 ml/min

Ventilazione alveolare = 5000 ml/min



Volume polmonare	Definizione	Valori medi, mL	
		Maschi	Femmine
Volume corrente (VC)	Volume inspirato ed espirato durante ogni atto respiratorio	600	500
Volume di riserva inspiratoria (VRI)	Massimo volume inspirabile dalla fine della normale inspirazione	3000	1900
Volume di riserva espiratoria (VRE)	Massimo volume espirabile dalla fine della normale espirazione	1200	800
Capacità polmonare totale (CPT)	Volume presente nei polmoni dopo inspirazione massimale	6000	4200
Volume polmonare residuo (VR)	Volume presente nei polmoni dopo espirazione massimale	1200	1000
Capacità vitale forzata (CVF)	Massimo volume espirato in modo forzato partendo da inspirazione massimale	4800	3200
Capacità inspiratoria (CI)	Massimo volume inspirato partendo dal volume di fine espirazione	3600	2400
Capacità funzionale residua (CFR)	Volume presente nei polmoni alla fine di un'espirazione normale	2400	1800



Spirometria e volumi polmonari:

- La capacità vitale corrisponde circa alla statura espressa in metri elevata al cubo nei maschi e questo valore moltiplicato per 0.9 nelle femmine. La capacità totale è la somma della capacità vitale più il volume residuo.
- I due parametri sono inversamente proporzionali, e con l'aumentare dell'età il volume residuo aumenta, mentre la capacità vitale diminuisce.
- Mentre quelli *dinamici* sono:
 - ☞ *volume espirato massimo secondo o VEMS* (si ottiene nel primo secondo di espirazione massimale partendo da una inspirazione forzata)
 - ☞ *picco di flusso espiratorio o PEF* (rappresenta la massima velocità di flusso nei primi attimi dell'espirazione durante una prova spirometrica)
 - ☞ *massima ventilazione polmonare o MVV* (si ottiene facendo respirare il soggetto il più rapidamente ed il più profondamente possibile per 10 – 15 secondi per evitare l'ipercapnia intensa, con una frequenza respiratoria intorno ai 45 – 55 atti al minuto, ammonta a circa 80 – 180 litri/minuto)
 - ☞ *flusso espirato medio o MMEF* (si aggira fra il 75 – 25% dell'aria espirata)
 - ☞ *ventilazione polmonare = quantità di aria che entra ed esce dalle vie aeree nell'unità di tempo è rappresenta il prodotto della frequenza respiratoria per il volume corrente (circa 6 litri al minuto)*



Spirometria e volumi polmonari:

- *Il PEF e l'MVV sono in rapporto alla efficienza dei muscoli respiratori e alla pervietà delle vie aeree; subiscono variazioni importanti con l'attività fisica.*
- Grazie ad alcuni algoritmi matematici è possibile ricavare i volumi dinamici, nel seguente modo:
 - 📄 $VEMS = \text{Statura in metri elevata al cubo} \times 0.82$ nel giovane adulto, 0.90 a 10 anni, 0.65 a 60 anni con riduzione del risultato del 10%
 - 📄 $MMEF = (- 0.0579 \times \text{età}) + 5.63$ espressi in litri al secondo
 - 📄 $MVV = \text{superficie corporea espressa in metri al quadrato} \times 60$, con riduzione del 5% su ogni decade dopo i 30 anni.



Leggi dei gas:

- 1) Il meccanismo della respirazione necessario per la vita rispetta le leggi sui gradienti pressori
 - 2) Se la PA supera la Palv l'aria entra (INSPIRAZIONE)
 - 3) Se la fase inspiratoria si arresta le pressioni si equivalgono
 - 4) Se la Palv supera la PA l'aria esce (ESPIRAZIONE)
 - 5) **LEGGE GENERALE dei GAS:**

$$P = n \times R \times T / V$$

nell'uomo n (nr° di grammo moli di gas) - R (costante dei gas) - T (temperatura corporea) sono costanti, quindi la P è inversamente proporzionale al suo volume

- 6) **LEGGE di DALTON:** in una miscela di gas la pressione parziale di un gas si ricava moltiplicando la % del gas stesso nella miscela per la pressione totale esercitata dalla miscela (> è la differenza di pressione parziale > è la quantità di gas che si sposta)
- 7) **LEGGE di HENRY:** la concentrazione di un gas all'interno di un liquido è uguale alla pressione parziale del gas sulla superficie del liquido moltiplicato per il coefficiente di solubilità del gas stesso (il CO2 è 24 volte più solubile dell'O2, quindi attraversa la membrana alveolare più rapidamente dell'O2)



Ventilazione alveolare:

- Rappresenta la quantità di aria disponibile allo scambio gassoso in un minuto e si calcola nel seguente modo:

$$V_{alv} = FR (VC - SM)$$

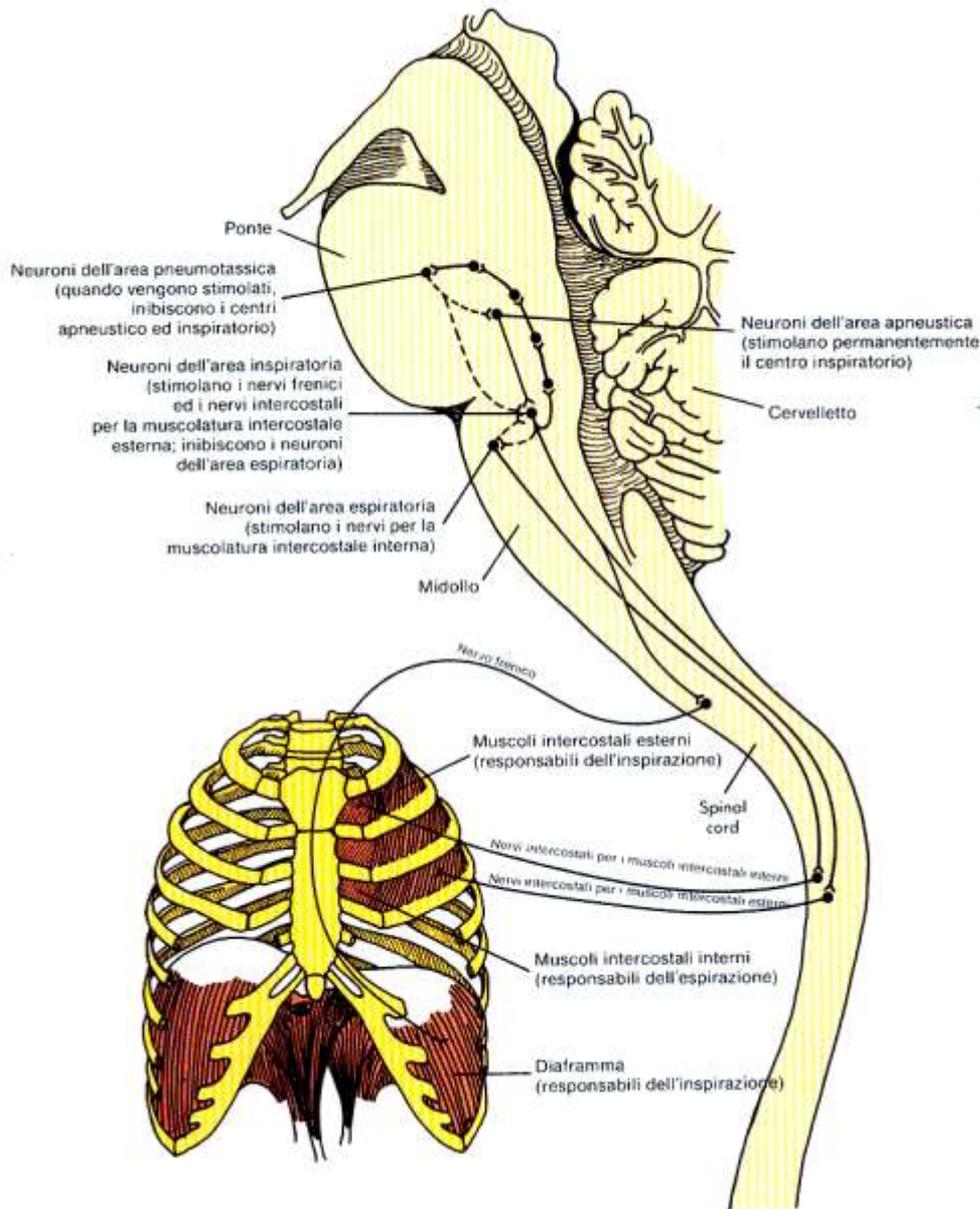
FR = atti respiratori al minuto

VC = volume corrente in ml

SM = spazio morto in ml



Controllo neurofisiologico della respirazione:



- **Centri del M.A.** = Centro respiratorio = centro inspiratorio + centro espiratorio
- Centro inspiratorio è situato nella sostanza reticolare della parte anteriore del M.A.
- Centro espiratorio è situato nella parte anteriore e laterale del M.A.
 - **Centri del PONTE** = centro inspiratorio (centro **apneustico**) + centro espiratorio (centro **pneumotassico**)
- Centro pneumotassico è situato superiormente al centro respiratorio a livello del ponte
- Centro apneustico è situato nella porzione inferiore del ponte
- Assicurano ritmicità alla respirazione

Riflesso di Hering - Breuer:

- Limita l'inspirazione ed impedisce la sovradistensione polmonare
- E' causato dallo stiramento dei recettori situati nella parete dei bronchi e dei bronchioli polmonari; i potenziali d'azione, che originano in questi recettori quando i polmoni sono pieni, si propagano lungo le fibre afferenti del nervo vago fino al M.A., inibendo l'inspirazione e favorendo l'espiazione



Controllo chimico della respirazione:

- **Chemocettori centrali** situati nella parte anteriore e laterale del M.A., sono connessi con il centro respiratorio
- **Chemocettori periferici** sono situati a ridosso dei glomi o corpi aortici e carotidei
- Mantengono livelli, nei liquidi corporei di O₂ - di CO₂ e di pH entro range fisiologici



Metabolismo e Dispendio Energetico



Metabolismo basale:

- **Definizione:**

“*Meda - Avanzino*” rappresenta il consumo energetico necessario per il mantenimento, a completo riposo fisico e in condizioni di temperatura ottimali, dell’attività degli organi della vita vegetativa, termoregolazione, respirazione, funzione renale, cardiaca, ghiandolare, tono muscolare e nervoso

“*Siani*” rappresenta la quota minima di energia spesa dall’uomo in condizioni di riposo assoluto, per mantenere vitali le sue funzioni; si misura su un soggetto in clinostatismo e a riposo, in condizioni di neutralità termica e a 12 ore di distanza dall’ultimo pasto

“*Tisot - Pettinà*” rappresenta il consumo di energia necessario a mantenere le normali funzioni vitali di relazione; il DE si verifica in condizioni di riposo

“*Mc Ardle - Katch*” rappresenta il consumo energetico minimo necessario a sostenere le necessità delle varie funzioni vitali

POMPA SODIO POTASSIO



Caloria:

- **Definizione:** è la quantità di energia utilizzabile contenuta negli alimenti; tale energia può essere valutabile bruciando le sostanze alimentari in presenza di un comburente come l'ossigeno, mediante un calorimetro
 - $1 \text{ cal} = 4.2 \text{ Joule}$
 - $1 \text{ Joule} = 0.24 \text{ cal}$
- Può anche essere definita come la quantità di energia o di calore richiesta per innalzare la temperatura di 1 g d'acqua di 1°C da 14.5 a 15.5°C , alla pressione costante di 1 atm



M.B. fattori condizionanti:

- Si dividono in:

ASSOLUTI quali l'età, il sesso, l'alimentazione, la temperatura corporea, la pressione arteriosa, i ritmi circadiani

RELATIVI quali il regime dietetico, la massa corporea totale, la massa corporea lipidica, la massa corporea magra, le condizioni endocrine, la temperatura ambiente

Il MB corrisponde al 60 - 75% del DE totale. L'esercizio fisico può innalzare i valori basali (*Tremblay, 1986*), solo \uparrow del volume e dell'intensità di allenamento possono \uparrow il MB, viceversa lavorare al 50 - 75% del VO_2 max non sembra in grado di determinare incrementi (*Poehlman, 1991*)



Frequenza cardiaca massima e VO₂ max:

Percentuale di frequenza cardiaca massima (HRmax) e corrispettiva percentuale di apporto di ossigeno massima (VO₂max)

**Percentuale
HRmax**

50
60
70
80
90
100

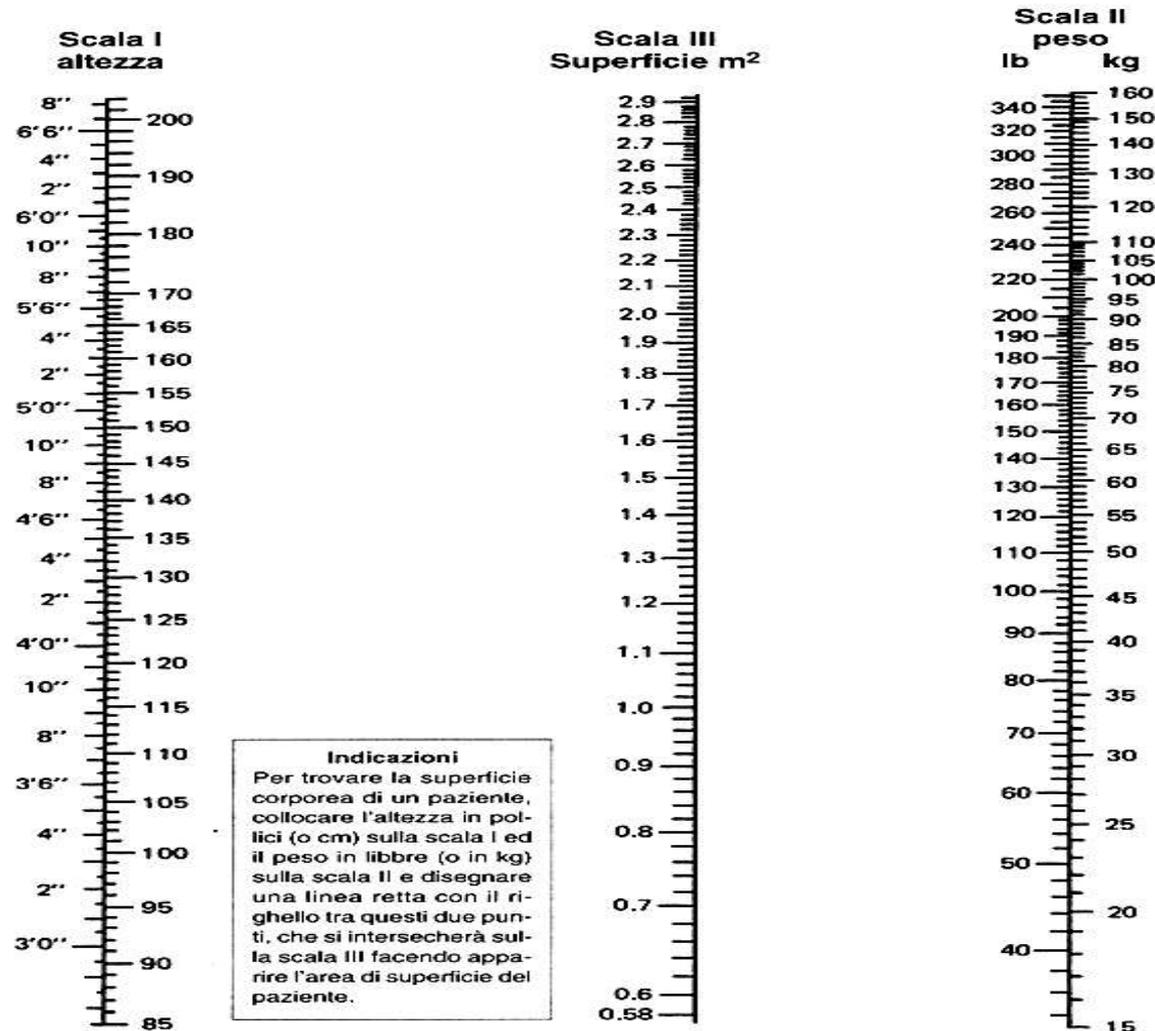
**Percentuale
VO₂max**

28
42
56
70
83
100

Nota. Riprodotta con il permesso di McArdle, W.D.Katch, F.I.Katch, V.L.: Exercise Psychology, Lea & Febiger, Philadelphia, 1986, p.357.

Calcolo per MB:

Nomogramma per stabilire il BSA dall'altezza e dal peso



I.a Area di superficie corporea (BSA)^a

(McArdle et al., 1981)

Uomini

$$\text{BMR} = \text{BSA} \times 38 \text{ kcal} \times \text{hr}^{-1} \times 24 \text{ hr}$$

Donne

$$\text{BMR} = \text{BSA} \times 35 \text{ kcal} \times \text{hr}^{-1} \times 24 \text{ hr}$$

(a) adattare BMR all'età. Il BMR diminuisce del 2-5% per ogni decade dopo i 40 anni

Per ricostruire il valore di BSA utilizzare il nomogramma

II. Equazioni di Harris-Benedict^b

(Harris & Benedict, 1919)

Uomini

$$\text{BMR} = 66.473 + 13.751 (\text{BW}) + 5.0033 (\text{HT}) - 6.755 (\text{Età})$$

Donne

$$\text{BMR} = 655.0955 + 9.463 (\text{BW}) + 1.8496 (\text{HT}) - 4.6756 (\text{Età})$$

(b) BW (Body Weight) = peso corporeo in kg; HT (Height) = altezza in cm.; Età in anni

III. Peso corporeo della massa magra

(FFB)

(Grande & Keys, 1980)

Uomini e Donne

$$\text{BMR} = 1.3 \text{ kcal/hr}^{-1}/\text{kg}^{-1} \text{ FFB} \times 24 \text{ hr}$$

Conoscendo la percentuale di grasso corporeo attraverso una misurazione di composizione corporea, è possibile conoscere i chili relativi alla massa magra per poter utilizzare questa formula che corrisponde più propriamente ai nostri concetti di consumo energetico, non in funzione del peso totale, ma relativi alla massa attiva nel nostro corpo.

IV. Stime veloci

Uomini

$$\text{BMR} = \text{BW}^c \times 11 \text{ kcal/lb}^{-1}$$

Donne

$$\text{BMR} = \text{BW} \times 11 \text{ kcal/lb}^{-1}$$

(c) BW (Body Weight) = peso corporeo in libbre

Dispendio Energetico:

- **Definizione:** è la quantità di energia spesa in 24 ore per sostenere le funzioni dell'organismo (*Siani*)
- **Fattori determinanti:** (*Mc Ardle - Katch*)
MB circa il 60 - 75%
TPP o ADS circa il 10%
Att.Fis. con effetto termogenico circa il 15 - 30%
- **Rendimento energetico lavorativo:** (*Travia*)
rappresenta il rapporto fra il lavoro prodotto e la differenza fra il M. lavorativo con il M. a riposo
(il M. a riposo è circa l'1.19% del MB)
Soltanto l'84% delle calorie della RA può essere trasformato il lavoro, mentre il 20 - 25% può essere espresso in lavoro meccanico effettivo

- **Caratteristica dell'organismo:**
per attività fisiche di base quali il MB, la TT o ADS l'organismo utilizza i grassi come fonte energetica di riferimento, mentre in corso di esercizio fisico grassi, zuccheri e proteine sono differentemente utilizzati in funzione dell'intensità dell'allenamento.
- **Misurazione del DE:**
si misura attraverso la calorimetria diretta o indiretta a circuito aperto o chiuso oppure mediante l'uso di algoritmi matematici
- **Algoritmi matematici:** (*Mc Ardle - Katch*)

FEMMINE

$$655 + (9.6 \times Pc) + (1.85 \times H) - (4.7 \times \text{età})$$

MASCHI

$$66 + (13.7 \times Pc) + (5 \times H) - (6.8 \times \text{età})$$

dove $Pc = Kg.$ - $H = cm.$ - $\text{età} = \text{anni}$



Biochimica: processo anaerobico alattacido

- L'ATP utilizzata in questo processo è disponibile in quantità ridotte, per cui tende ad esaurirsi in pochissimi secondi. Per la ricerca dell'ATP, necessaria ad evitare un calo della performance, entra in azione la fosfocreatina o CP (è presente nel muscolo in quantità 3 – 4 volte superiore dell'ATP) che permette la riformazione dell'ATP.

ATP \leftrightarrow ADP + Pi + energia libera
(idrolisi = 7.3 Kcal x mole)

ADP + CP \rightarrow ATP + creatina libera

- Sotto i 2 mmoli/litro
- Questo meccanismo si mette in moto ogni qual volta si inizia un'attività fisica indipendentemente dalla sua intensità (2-3 secondi); nel proseguo dello sforzo si può arrivare ad effettuare un tempo di lavoro intorno ai 7-8 max 10''
- Reazione reversibile



Processo anaerobico lattacido o ciclo di Embden - Mejerhof:

- Se lo sforzo deve protrarsi oltre i 7-8" si ricorre alla produzione di energia attraverso l'impiego degli zuccheri con la formazione di acido lattico (reazione reversibile)
- L'intensità del carico rispetto al lavoro precedente è diminuita
- La contrazione muscolare diviene impossibilitata a causa dell'aumento del lattato con abbassamento del pH muscolare ed ematico (7.2 – 6.5)
- La resistenza organica all'accumulo del lattato è possibile fino a circa 40-50 secondi grazie ai sistemi tampone (COP, ammoniacca)
- Il fattore determinante la trasformazione del piruvato in lattato è l'ipossia
(HOLLOSZY – COYLE, 1984)

Glicogeno → Acido piruvico o lattico + Energia (piruvatok-asi)



Glucosio $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$



Lattato $2 (\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3)$



Enzimi deidrogenasi:

- **Esochinasi** = da glucosio a glicoso
- **Fosfofruttochinasi** = da glicoso a fruttosio 6
- **Piruvatochinasi** = da fruttosio 6 a piruvato
- **Lattatodeidrogenasi** = da piruvato a lattato



Coenzimi deidrogenasi:

- NAD^+ = nicotinamide – adenina dinucleotide
 - FAD^+ = flavin – adenina dinucleotide
- Sono accettori di ioni H e la rimozione degli ioni H da un composto costituisce una OSSIDAZIONE
- Quando un composto accetta uno ione H viene RIDOTTO ($\text{NADH} - \text{FADH}_2$)
- $\text{NADH} - \text{FADH}_2$ si formano nell'ossidazione e trasportano e con legame altamente energetico
 - Ossido – Riduzione = il prodotto ridotto è ossidante (acquista elettroni), il reagente ossidato è riducente (cede elettroni); ossidazione processo che comporta la perdita di elettroni, riduzione l'esatto contrario
- GRUPPO ACETILE = è una molecola a due atomi di carbonio; se il piruvato che è una molecola tricarboniosa ($\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$) perde il CO_2 diventa gruppo acetile prima di entrare nel ciclo di Krebs

Processo aerobico o ciclo di Krebs:

- Una volta prodotto l'ACIDO LATTICO può essere ancora utilizzato come fonte di energia solo in presenza del comburente (ossigeno), che porterà ad un ulteriore proseguo dell'attività fisica, previo l'abbassamento dell'intensità dello sforzo
- *HERMANSEN – VAAGE, 1977* hanno dimostrato è concluso che il 75% di acido lattico prodotto dopo un lavoro anaerobico viene trasformato in glicogeno negli stessi muscoli
- *ROWELL et coll., 1966* hanno dimostrato e concluso che durante un esercizio di intensità media, circa il 50% dell'acido lattico circolante viene convertito in glicogeno a livello epatico
- *GISOLFI et coll., 1966* hanno dimostrato che l'accumulo di acido lattico (pagamento del debito di ossigeno) può essere rapidamente ridotto se nel corso del recupero il soggetto in esame anziché restare a riposo esegue un recupero attivo
- *COSTILL et coll., 1981* hanno dimostrato che per la resintesi di glicogeno sono comunque necessarie dalle 24 alle 48 ore
- **RESINTESI di GLICOGENO e PROCESSO di SMALTIMENTO del LATTATO sono due cose completamente diverse**

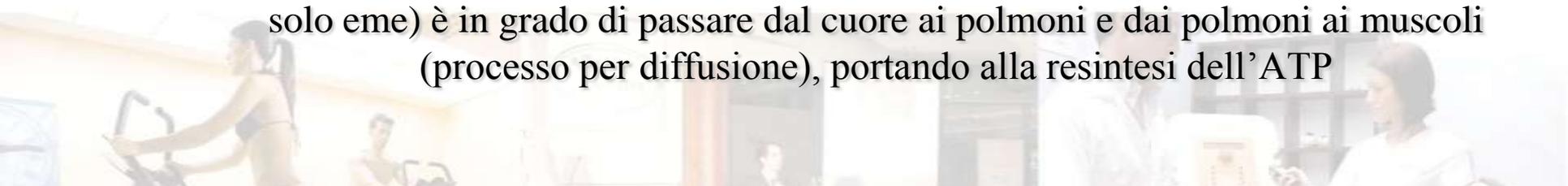


Processo aerobico:

- **CERRETELLI, 1990** ha dimostrato che vi sono fattori limitanti l'utilizzo dell'ossigeno, quali:
 - a) fattori polmonari legati alla diffusione dell'ossigeno attraverso la membrana alveolo capillare
 - b) fattori ematici legati alla capacità di trasporto dell'ossigeno e dell'anidride carbonica da parte del sangue
 - c) fattori cardio circolatori legati alla gittata sistolica e la circolazione periferica
($GS = PA/Rp$)
 - d) fattori tissutali legati alla capacità di diffusione dell'ossigeno dai capillari alla cellula e viceversa, e dell'anidride carbonica dalla cellula al sangue

Quando il lattato può non rappresentare un fattore limitante?

1) Se l'ossigeno fissandosi all'emoglobina (pigmento contenuto negli eritrociti per circa il 33%, definita cromo proteina costituita da due catene polipeptidiche uguali fra loro dette globuline a ciascuna delle quali è legato un gruppo prostetico detto eme contenente ferro) e alla mioglobina (metallo proteina contenuta nel muscolo in grado di captare l'ossigeno dall'emoglobina, dalla quale si differenzia in quanto contiene un solo eme) è in grado di passare dal cuore ai polmoni e dai polmoni ai muscoli (processo per diffusione), portando alla resintesi dell'ATP



Processo aerobico:

- Il lavoro aerobico a parità di zuccheri permette una sintesi dell'ATP in quantità 18 volte superiori rispetto al lavoro anaerobico
- *MEDA – AVANZINO, 1987* sostengono che la demolizione degli acidi grassi per la formazione dell'ATP, necessaria nel lavoro aerobico, non dipende solo dall'utilizzo dell'ossigeno, ma anche dalla lunghezza della molecola dell'acido grasso considerato
- *MEDA – AVANZINO, 1987* sostengono che la demolizione del glicogeno e del glucosio nel processo di fosforilazione ossidativa fornisce una quantità di ATP elevata rispetto a quella ottenuta dagli acidi grassi, permettendo un lavoro ad intensità più elevata, ma per tempi brevissimi

Processo aerobico:

- La rimozione di ioni H da un composto costituisce una forma di ossidazione che comporta anche una perdita di elettroni
- La funzione del NADH e del FADH₂ è quella di trasportare elettroni lungo il sistema della catena di trasporto degli elettroni
 - Le numerose reazioni del processo aerobico sono:
 - a) Glicolisi aerobica o fosforilazione ossidativa
 - b) Ciclo di Krebs o ciclo degli acidi tricarbossilici o ciclo dell'acido citrico
 - c) Sistema di trasporto degli elettroni



Processo aerobico: glicolisi aerobica

- **Glicolisi aerobica** = comporta la formazione dell'acido piruvico che entra, grazie al 2 NAD trasformato in 2 NADH nel sistema degli elettroni fino ad arrivare ai mitocondri ed entrare nel ciclo di Krebs
- $4 \text{H} + 4 \text{e}^- + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$
- Anche i grassi possono essere utilizzati, venendo degradati a formare composti a 2 atomi di carbonio attraverso una serie di reazioni che prendono il nome di β - ossidazione



Processo aerobico: trasporto degli elettroni

- 1) iniziale intervento di alcuni enzimi deidrogenasi, che comportano la liberazione di atomi di idrogeno dai substrati, si ha l'ossidazione del substrato e il contemporaneo trasporto degli elettroni sino all'ossigeno con formazione di piruvato
- 2) piruvato si lega ad un derivato del complesso Vit.B, l'acetylCoA che entra nel cosiddetto ciclo di Krebs
- 3) gli elettroni dell'idrogeno si trasferiscono a 2 a 2 alla parte della deidrogenasi ovvero al coenzima NAD; pertanto mentre la sostanza viene ossidata e perde elettroni, il NAD si lega all'H e agli elettroni e si trasforma in NADH
- 4) rimane libero uno ione H che passa in soluzione (idem per il FAD)
 - 5) il FAD deriva dalla riboflavina e catalizza le reazioni deidrogenasi accettando coppie di elettroni (da FAD a FADH₂)

- 6) sulla superficie interna dei mitocondri le coppie di elettroni trasportati da NADH e FADH₂ sono trasferite su una catena di accettori intermedi detti CITOCROMI (molecole di natura proteica contenenti ferro; il ferro nel citocromo può in forma ossidata ovvero ione ferrico meno 3 elettroni o ridotta ovvero ione ferroso meno due elettroni; accettando elettroni il ferro di un citocromo si trasforma dalla forma ferrica a quella ferrosa; il processo continua finché si arriva all'accettore finale ovvero l'ossigeno)
- 7) il citocromo cede l'elettrone, quindi il suo ferro torna in forma ferrica ad un altro citocromo che a sua volta si trasforma in forma ferrosa; questo trasporto di elettroni attraverso le molecole specifiche costituisce la CATENA RESPIRATORIA ovvero la via finale per convogliare gli elettroni che derivano dall'ossidazione dell'idrogeno, sino all'ossigeno con formazione di acqua
- 8) dei 5 citocromi solo l'ultimo il CITOCROMOSSIDASI (citocromo A3) può cedere gli elettroni all'ossigeno

Processo aerobico: fosforilazione ossidativa

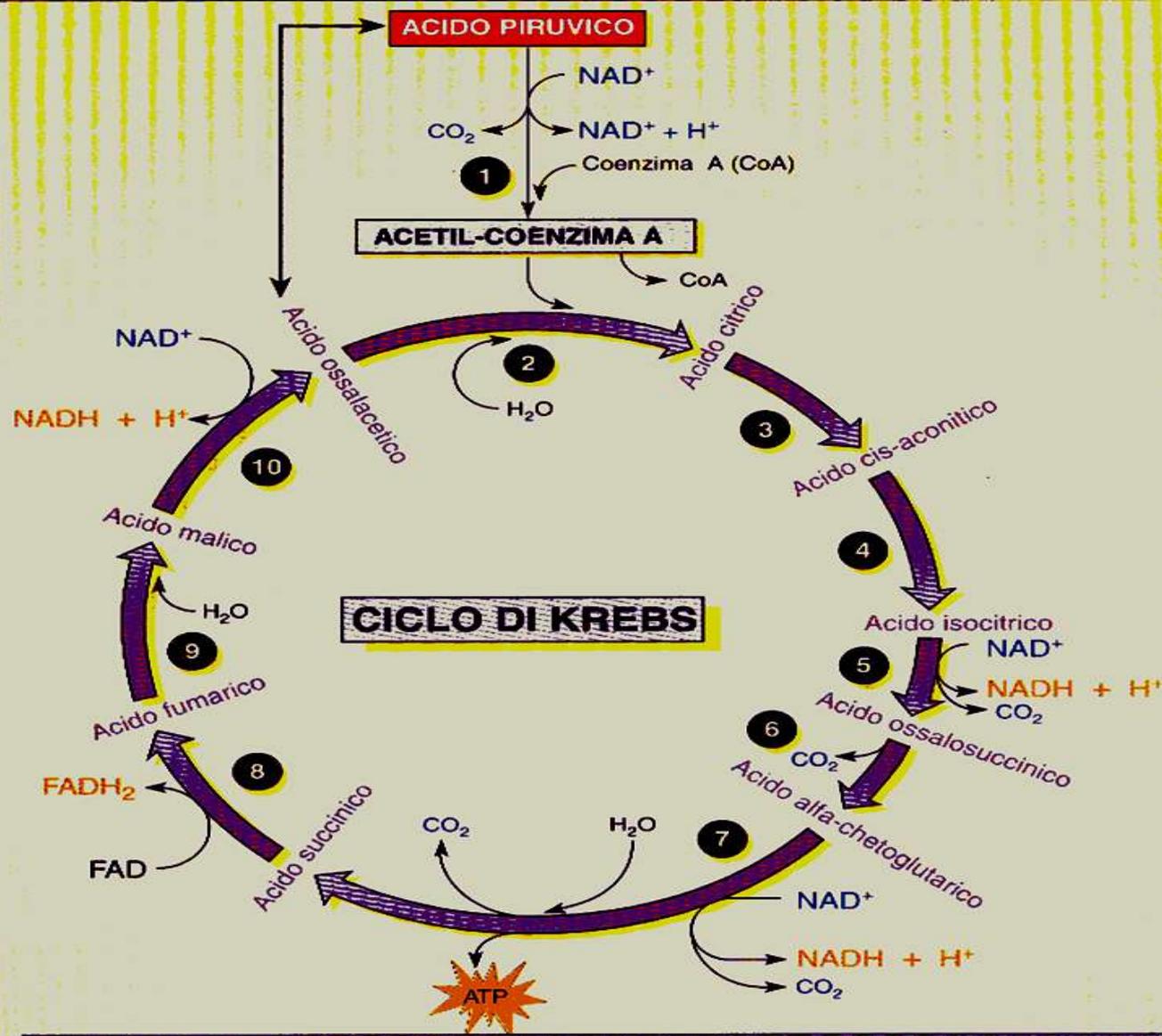
- Rappresenta la sintesi di ATP che si realizza durante il processo di trasferimento degli elettroni lungo la catena respiratoria sino all'ossigeno
- L'ossidazione dell'idrogeno e la fosforilazione accoppiata possono essere così rappresentate:



- In pratica da ogni $\text{NADH} + \text{H}$ si formano 3 molecole di ATP; se l'idrogeno viene ceduto da FADH_2 si formano solo 2 molecole di ATP per ogni ione idrogeno ossidato



P R O C E S S O A E R O B I C O



Reazione nella relativa alla degradazione di una molecola di glucosio



	CO_2	H
2 Molecole di acido piruvico	2	4
2 Molecole di acetil-CoA	4	16
Totale	6	20

Reazioni finali:

- $C_6H_{12}O_6 + 2 NAD \rightarrow 2 (C_3H_4O_3) + 2 NADH + 2 H$ ($2 H_2O \rightarrow 4 H + 4 e + O_2$)
 - $2 (C_3H_4O_3) + 2 NADH + 2 H \rightarrow C_3H_6O_3 + 2 NAD$
- $2 (C_3H_4O_3) + 2 NAD + 2 H_2O + CoA \rightarrow Acetil CoA + 4 CO_2 + 2 NADH + 8 H$
 - $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \rightarrow 6 H_2O + 6 CO_2$

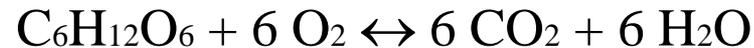


Quoziente respiratorio:

- **Definizione:** meccanismo mediante il quale è possibile calcolare la quantità e la qualità dei nutrienti utilizzati a scopo energetico (*SIANI, 1993*)

$$Q_r = V \text{ CO}_2 \text{ prodotto} / V \text{ O}_2 \text{ consumato}$$

OSSIDAZIONE dei CARBOIDRATI:



$$Q_r = 6 / 6 = 1$$

OSSIDAZIONE dei GRASSI (ACIDO PALMITICO):

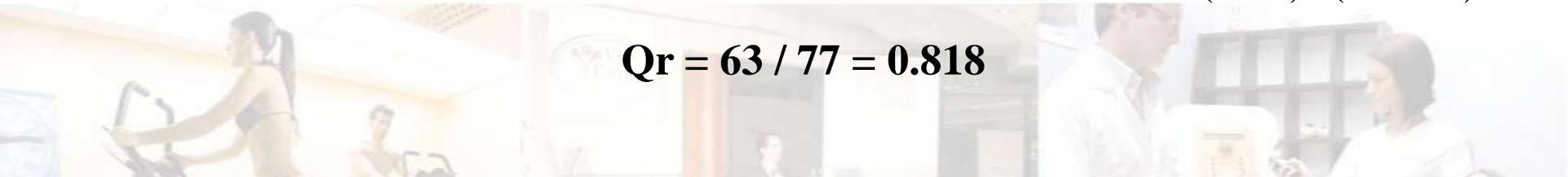


$$Q_r = 16 / 23 = 0.7$$

OSSIDAZIONE delle PROTEINE:



$$Q_r = 63 / 77 = 0.818$$

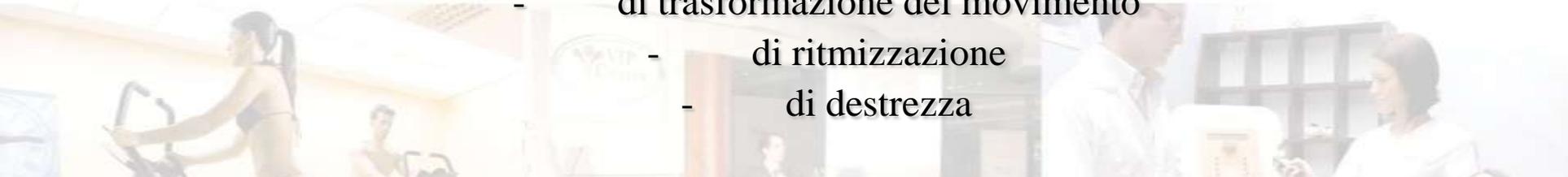


Metodologie di Allenamento: Cardio Respiratorio e Eterotonico



Le Capacità Motorie:

- **Definizione:** sono fattori che possono essere migliorati allo scopo di aumentare le capacità di prestazione nell'ambito di ogni singolo sport. Vengono definite anche capacità o qualità fisiche.
- **Classificazione:** in condizionali, coordinative e intermedie (flessibilità, c. tattica, c. intellettuale)
 - a) ***Condizionali:***
 - Forza
 - Velocità
 - Resistenza
 - b) ***Coordinative:***
 - di accoppiamento e/o di combinazione dei movimenti
 - di orientamento spazio – tempo
 - di differenziazione cinestesica
 - di equilibrio stato dinamico
 - di reazione motoria
 - di trasformazione del movimento
 - di ritmizzazione
 - di destrezza



Potenza:

- È la capacità di un muscolo o di una catena cinetica di produrre un lavoro fisico nell'unità di tempo

$$\text{Potenza} = \text{Lavoro}/\text{Tempo} = \mathbf{F \times s / t = F \times V}$$

- Forza esplosiva (carico > velocità = 70 – 85% = 6 – 1 reps)
- Forza veloce (velocità > carico = 50 – 65% = 12 – 8 reps)



Resistenza organica:

- **Definizione:** è una capacità motoria di tipo condizionale che permette di mantenere inalterato nel tempo il livello di una prestazione di durata (**HARRE, 1977**)
- **Analisi biochimica e fisiologica delle contrazioni muscolari:** la contrazione muscolare consuma energia, il cui DE aumenta notevolmente in relazione alla:
 - a) *Durata*
 - b) *Intensità*
 - c) *Quantità delle contrazioni realizzate*

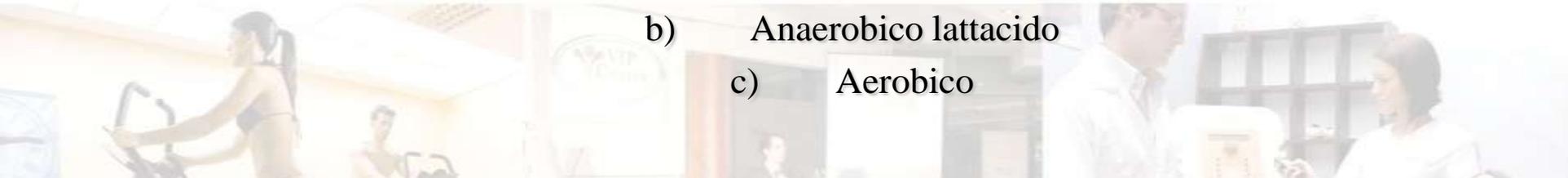
Nel fenomeno della contrazione si riconoscono una serie di trasformazioni elettriche, chimiche e meccaniche.

Il combustibile utilizzato per effettuare una contrazione muscolare si chiama ATP; è possibile riformare l'adenosintrifosfato attraverso tre tipi di sostanze:

- a) Due di origine alimentare (carboidrati e grassi; in caso di deplezione dei combustibili proteine)
- b) È la fosfocreatina (CP)

Si riconoscono tre processi metabolici:

- a) Anaerobico alattacido
- b) Anaerobico lattacido
- c) Aerobico



Metodologia di allenamento:

Lavoro continuo

A ritmo uniforme

Con variazioni di ritmo

Libere

Obbligate

Senza accumulo di lattato

Con accumulo di lattato

Lavoro interrotto da pause

Recupero incompleto

Interval training

Recupero completo

Prove ripetute



Capacità coordinative:

- Grazie alle elaborazioni di *Bernstein* e alle precisazioni a carattere sportivo di *Meinel – Schnabel ('77)* è stato possibile descrivere il ruolo delle capacità coordinative nello schema motorio
- Programma motorio → Obiettivo → Valore Nominale → Valore Reale
- Controllo motorio: secondo *Manno ('89)* si estrinseca attraverso meccanismi di feedback che sono realizzati grazie ad informazioni sensoriali selezionate in base alle esperienze precedenti contenute nella memoria
- Feedback: rappresenta un'informazione di ritorno che permette, in un sistema di controllo costituito da una serie di informazioni sullo stato reale raggiunto, di modificare in maniera adeguata le istruzioni successive, in funzione dello scopo prestabilito o previsto

Attività Aerobica

- **Massima capacità aerobica:** massima quantità di ossigeno che l'organismo può essere stimolato ad estrarre dall'aria respirata per trasportarlo ed utilizzarlo a livello tissutale (concetto di quantità)
- **Potenza aerobica massimale o massimo consumo di ossigeno:** massima quantità di energia derivabile dai processi ossidativi (aerobici) nell'unità di tempo



- **Assoluto: lt/min**
- **Relativo: ml/Kg/min**
- **Capacità prestativa: aumenta con il consumo di ossigeno e la diminuzione del peso corporeo**
- **Attività aerobica: prevenzione, miglioramento della propria salute**
- **Fattori condizionanti: il tipo di esercizio, la genetica del soggetto in esame (40 - 93%), limiti dell'allenamento (5 - 25%), sesso (> negli uomini del 15 - 30%), età (dopo i 25 anni decade dell'1% in soggetti non allenati)**



Metodiche di valutazione

- **Diretto:** a circuito aperto o a circuito chiuso (rilevamento dei gas respirati)
- **Indiretto:** si basa sul rilevamento della frequenza cardiaca durante un esercizio crescente e si divide in:
 - **Massimale:** carico di lavoro crescente che aumenta progressivamente durante la prova fino all'esaurimento della capacità lavorativa o fino a quando la capacità lavorativa si mantiene costante ad ulteriori aumenti del carico di lavoro (**Bruce** per soggetti normali, **Naughton** per cardiopatici, **Astrand** per atleti),
 - **Sub massimale:** carico di lavoro crescente mantenuto per 3 - 5' fino all'85% della frequenza cardiaca massimale teorica (220 - età)



Metodiche di allenamento eterotonico

Circuit Training:

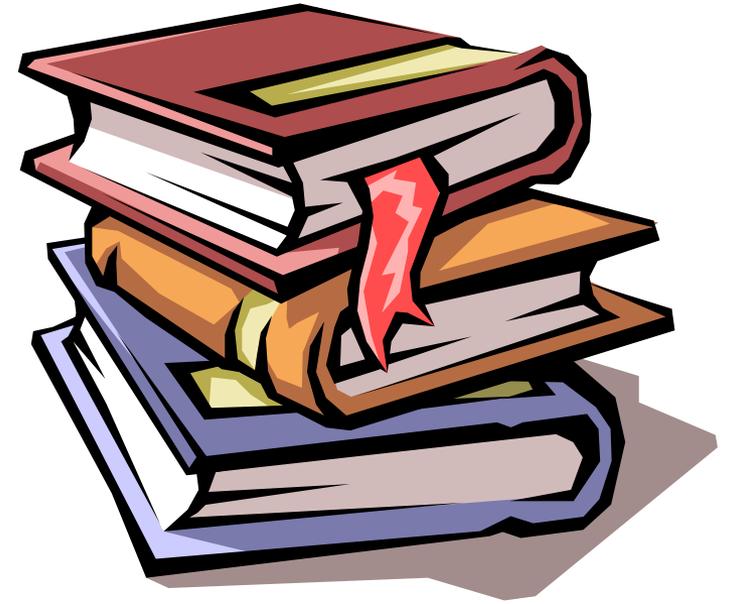
a) Short Training

b) Long Training

- Isotensione
- Sistema 21
- Set Discendenti
 - Stripping
 - Set orizzontali
- Set Ascendenti – Discendenti
 - Cumulativo
 - Contrasto (F_{max})
 - Contrasto ($F_v - F_e$)

❖ TONNELLAGGIO – COEFFICIENTE RELATIVO

GRAZIE



“Quelli che si innamorano di pratica senza scienza sono come I nocchieri ch’entra in navilio senza timone o bussola, che mai ha certezza dove si vada”

Leonardo da Vinci

