

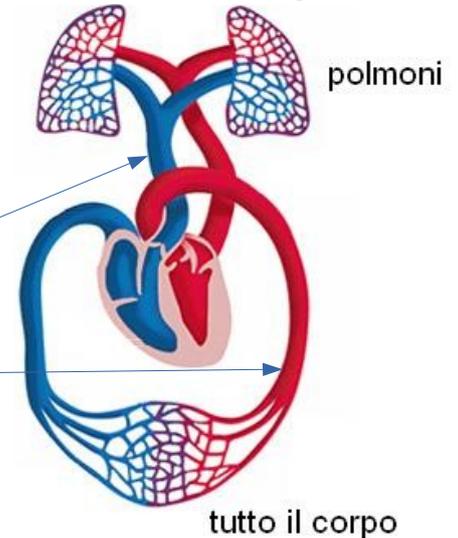
APPARATO CARDIOVASCOLARE

(Cuore)

Il cuore è un organo di dimensioni limitate (come un pugno); è formato da: 2 atri (destro e sinistro) e 2 ventricoli (destro e sinistro) ed entrambi concorrono ad uno stesso obiettivo: distribuire il sangue in tutto il corpo.

La circolazione è suddivisa in due circolazioni distinte:

- circolazione polmonare → trasporta il sangue ricco di anidride carbonica dal cuore ai polmoni e lo riporta, questa volta ricco di ossigeno, al cuore;
- circolazione sistemica → trasporta sangue ricco di ossigeno dal cuore alle cellule dei tessuti periferici e lo riporta, ricco di anidride carbonica, al cuore.

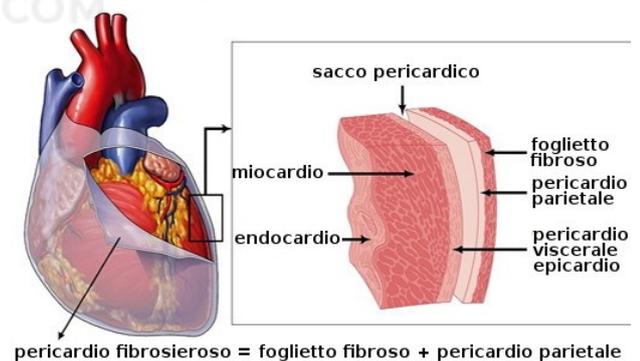


In particolare: l'atrio destro riceve il sangue dalla circolazione sistemica e il ventricolo destro lo spinge nella circolazione polmonare; l'atrio sinistro raccoglie il sangue dalla circolazione polmonare e il ventricolo sinistro lo invia nella circolazione sistemica. Durante il battito del cuore, prima si contraggono gli atri e poi i ventricoli simultaneamente. I vasi sanguigni di entrambe le circolazioni sono:

- le arterie → trasportano il sangue lontano dal cuore;
- le vene → lo riportano al cuore;
- i capillari → piccoli vasi con parete sottile che connettono arterie e vene ed adibiti allo scambio di sostanze.

Il cuore è localizzato all'interno del mediastino (tra le due cavità pleuriche) e si trova in rapporto con la parete anteriore del torace (posteriormente allo sterno). Il pericardio avvolge il cuore ed è suddiviso in due strati:

- pericardio fibroso → formato da una densa rete di fibre collagene che stabilizza la posizione del cuore e dei vasi associati;
- pericardio sieroso → una membrana a doppio strato composta da uno strato parietale esterno e uno strato viscerale interno (epicardio). Lo spazio tra questi due è colmato dal liquido pericardico (quasi 50 ml) e la cavità è chiamata cavità pericardica.



La parete del cuore è formata da tre strati distinti:

- 1) Epicardio → ricopre la superficie del cuore; presenta due strati: un mesotelio e uno strato di supporto sottostante di tessuto areolare
- 2) Miocardio → tessuto muscolare cardiaco che forma gli atri e i ventricoli; gli sono associate cellule muscolari cardiache, tessuti connettivi, vasi sanguigni e nervi. Quello atriale è sottile e

gli strati si dispongono in modo tale da formare un "8" circondando gli sbocchi dei vasi venosi nell'atrio; il miocardio ventricolare è molto più spesso, e l'orientamento dei cardiomiociti varia.
3) Endocardio → ricopre le superfici interne del cuore, incluse quelle delle valvole cardiache (epitelio pavimentoso semplice che continua con l'endotelio dei vasi).

Il muscolo cardiaco è:

- striato;
- cellule con singolo nucleo centrale chiamate CARDIOMIOCITI (miocardiociti);
- numerosi mitocondri;
- grandi quantità di glicogeno immagazzinato;
- fibrocellule muscolari molto più piccole rispetto alle fibre scheletriche;
- ogni fibrocellula cardiaca possiede miofibrille organizzate, e hanno aspetto striato dato dalla posizione dei sarcomeri.

DIFFERENZE TRA MUSCOLO CARDIACO E MUSCOLO SCHELETRICO:

- cardiomiociti → quasi totalmente dipendenti dalla respirazione aerobica per la sintesi di ATP necessario alla contrazione.
- Il sarcoplasma → contiene centinaia di mitocondri e una notevole riserva di mioglobina (per immagazzinare ossigeno), grandi quantità di glicogeno e inclusioni lipidiche (riserve energetiche);
- i tubuli T → più corti di quelli delle fibre muscolari scheletriche e non formano triadi con il reticolo sarcoplasmatico;
- contrazione del miocardio → indipendente dallo stimolo nervoso;
- cardiomiociti → uniti mediante giunzioni cellulari detti dischi intercalari.

DISCHI INTERCALARI (O STRIE SCALARIFORMI)

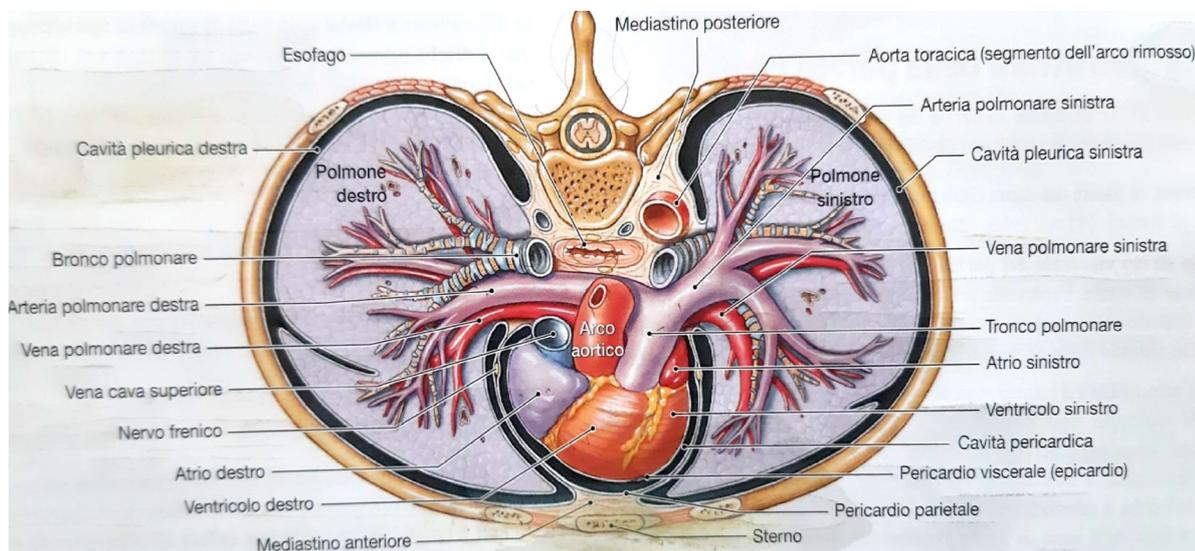
Presenti esclusivamente nel tessuto muscolare cardiaco e presenta le seguenti caratteristiche:

- I sarcolemmi di due cardiomiociti sono uniti da desmosomi impedendone la separazione durante le contrazioni;
- I dischi hanno delle giunzioni chiamate fasce aderenti: i filamenti di actina dei cardiomiociti si agganciano alla fascia aderente e perciò i dischi intercalari legano insieme i filamenti di actina di cellule adiacenti consentendo alle cellule muscolari di contrarsi simultaneamente;
- I cardiomiociti a livello di un disco sono inoltre connessi con giunzioni comunicanti che consentono la diffusione di ioni e piccole molecole da una cellula all'altra (si va a creare una connessione elettrica diretta e così il potenziale d'azione può propagarsi da un cardiomiocita all'altro).

Possiamo quindi concludere che il tessuto muscolare cardiaco funziona come un'unica enorme cellula muscolare e viene anche chiamato SINCIZIO FUNZIONALE.

Lo scheletro cardiaco è il tessuto connettivo sul quale è costruito il cuore. Esso sostiene e rinforza il cuore, distribuisce le contrazioni del muscolo cardiaco, isola i cardiomiociti atriali e ventricolari e conferisce elasticità al cuore. Questo tessuto connettivo è costituito in gran parte da fibre elastiche,

reticolari e collagene. Ogni cellula è avvolta da un rivestimento resistente ed elastico, e le cellule adiacenti sono unite per mezzo di legami crociati fibrosi. Ciascuno strato muscolare possiede un rivestimento fibroso, e le guaine fibrose separano gli strati muscolari superficiali da quelli profondi. Questi strati di tessuto connettivo: 1) circondano le origini del tronco polmonare e dell'aorta, (2) costituiscono la base di impianto per le valvole cardiache, (3) collegano gli anelli fibrosi che circondano le aperture delle valvole cardiache; (4) si estendono nel muscolo cardiaco che separa atri e ventricoli.



Il cuore è leggermente spostato a sinistra rispetto alla linea mediana, forma un angolo con l'asse longitudinale del corpo ed è lievemente ruotato verso il lato sinistro; si trova tra i due polmoni, leggermente spostato a sinistra. La base corrisponde alla porzione più ampia del cuore, da cui emergono i grossi vasi delle circolazioni ed è localizzata approssimativamente a livello della terza cartilagine costale. L'apice corrisponde all'estremità inferiore appuntita del cuore ed è formato dal ventricolo sinistro; è diretto lateralmente, raggiunge il quinto spazio intercostale e si estende a sinistra. Dunque la base forma il margine superiore del cuore, l'atrio destro forma il margine destro, mentre il margine sinistro è costituito dal ventricolo sinistro e da una piccola porzione di atrio sinistro. Questo prosegue fino all'apice, dove incontra il margine inferiore, costituito principalmente dalla porzione inferiore del ventricolo destro.

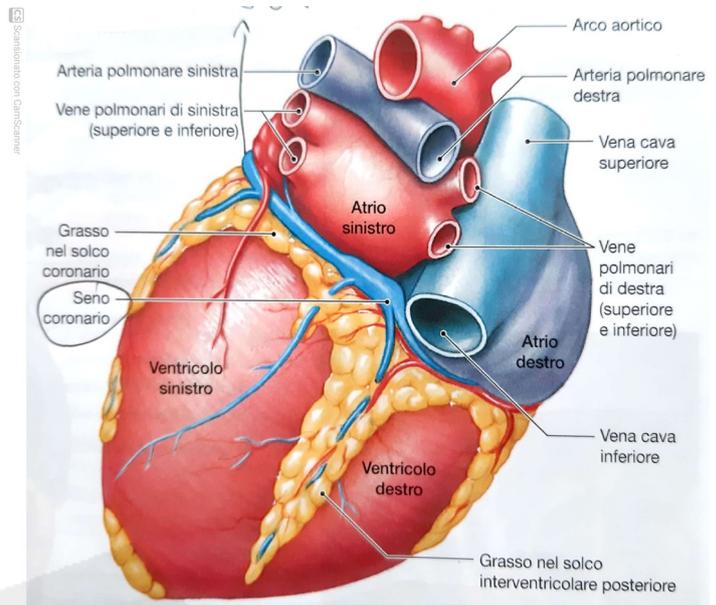
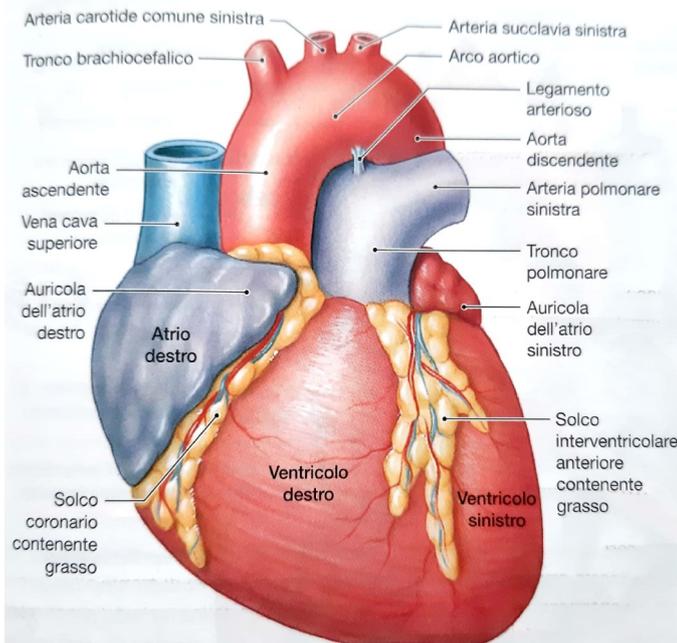
La faccia anteriore (sternocostale) del cuore è posta di fronte alla parete toracica e risulta costituita principalmente dalla parete del ventricolo destro e da parte del ventricolo sinistro. La faccia posteriore è formata dall'atrio sinistro e da una piccola porzione dell'atrio destro. La faccia diaframmatica (tra la base e l'apice del cuore), è costituita principalmente dalle superfici posteriori e inferiori dei ventricoli destro e sinistro.

I confini tra le quattro camere interne del cuore sono distinguibili grazie a solchi:

- solco interatriale → poco profondo, separa i due atri;
- solco coronario → più profondo, separa gli atri dai ventricoli;
- solco interventricolare anteriore → separa ventricolo destro da sinistro;
- solco interventricolare posteriore → li separa sulla superficie posteriore.

Il tessuto connettivo dell'epicardio a livello dei solchi interventricolari e coronario contiene un'abbondante quota di tessuto adiposo. Gli atri e i ventricoli svolgono funzioni molto diverse correlate a differenze strutturali. Quando l'atrio non è pieno di sangue, la parete esterna appare

sgonfia e raggrinzita. Tale porzione è detta auricola, perché ai primi anatomisti ricordava l'orecchio esterno.



CONFIGURAZIONE INTERNA DI ATRI E VENTRICOLI.

I due atri sono separati dal setto interatriale, mentre i due ventricoli da setto interventricolare. Le valvole sono pieghe di endocardio che si inseriscono a livello degli orifici di comunicazione tra gli atri e i ventricoli (si chiudono al fine di impedire il reflusso di sangue).

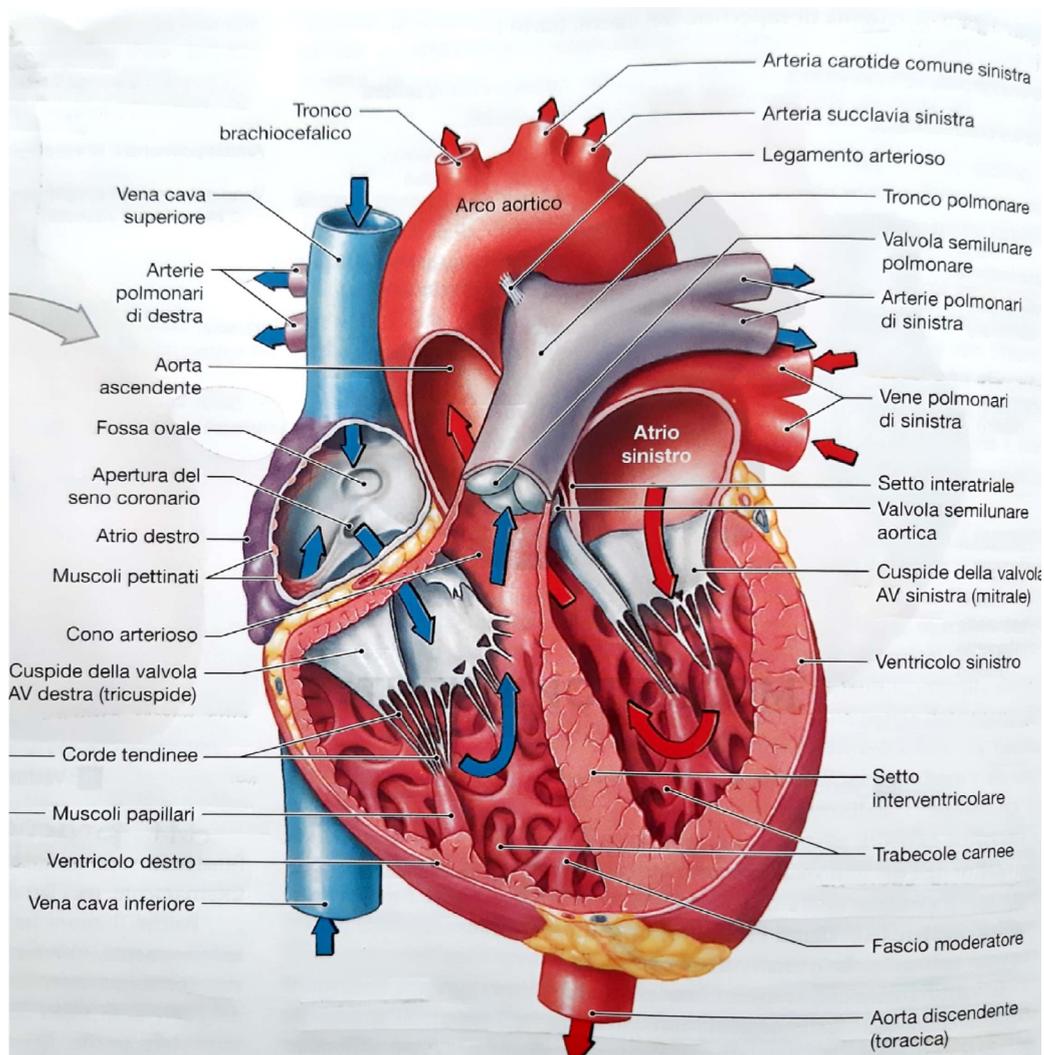
L'ATRIO DESTRO → riceve il sangue deossigenato attraverso due grosse vene: la vena cava superiore e la vena cava inferiore. La prima si apre nella porzione postero-superiore dell'atrio destro e riporta al cuore il sangue proveniente dalla testa, dal collo, dagli arti superiori e dal torace. La vena cava inferiore invece si apre nella porzione postero-inferiore dell'atrio destro e riporta il sangue proveniente dai tessuti e dagli organi delle cavità addominale e pelvica e dagli arti inferiori. Le vene reflue chiamate cardiache dal cuore raccolgono il sangue dalla parete cardiaca e lo riversano nel seno coronario (situato nella parte posteriore dell'atrio). I muscoli pettinati si estendono dalla superficie interna dell'auricola destra fino alla parete atriale anteriore. A partire dalla quinta settimana di sviluppo embrionale fino alla nascita, il setto interatriale è reso pervio da un'apertura ovale, il foro di Botallo, chiamato anche foro ovale (consente al sangue di passare direttamente dall'atrio destro all'atrio sinistro, mentre i polmoni sono ancora in via di sviluppo). Alla nascita il foro si chiude, ed entro 3 mesi questa struttura viene sostituita da una piccola depressione, la fossa ovale. Quando però il foro ovale rimane pervio c'è una riduzione dell'efficienza della circolazione sistemica e innalzamento della pressione sanguigna nei vasi polmonari.

VENTRICOLO DESTRO → Il sangue venoso povero di ossigeno scorre dall'atrio destro al ventricolo destro attraverso un'apertura, in corrispondenza della quale si inseriscono tre lembi fibrosi (le cuspidi), che formano la valvola atrioventricolare destra, detta anche TRICUSPIDE. Da un lato, le cuspidi sono attaccate allo scheletro cardiaco e le loro estremità libere vengono usate come siti di inserzione per le fibre di tessuto connettivo dai quali originano i muscoli papillari (si dipartono dalla superficie interna

del ventricolo destro). Le corde tendinee limitano il movimento delle cuspidi quando la valvola si chiude, prevenendo in tal modo il reflusso dal ventricolo all'atrio corrispondente.

La superficie interna del ventricolo presenta inoltre una serie di creste muscolari irregolari chiamate trabecole carnee. Il fascio moderatore è una cresta muscolare che si estende orizzontalmente dalla porzione inferiore del setto interventricolare e si connette al muscolo papillare anteriore.

La porzione superiore del ventricolo destro è rilevata a formare una tasca coniforme a pareti lisce, il cono arterioso, che termina a livello della valvola polmonare formata da tre spessi lembi semilunari. Il flusso da qui passa nel tronco polmonare (primo vaso della circolazione polmonare). Una volta qui il sangue prosegue verso le arterie polmonari (destra e sinistra) che andranno poi a dividersi all'interno del rispettivo polmone per dare origine ai capillari.



ATRIO SINISTRO → il sangue ricco di ossigeno viene raccolto prima in piccole vene e successivamente nelle quattro vene polmonari. Differisce dall'atrio destro poiché ha una forma più cubica, la sua auricola è più lunga, più stretta e più uncinata e tutti i suoi muscoli pettinati sono contenuti nell'auricola. Il sangue che fluisce dall'atrio al ventricolo sinistro passa attraverso la valvola atrioventricolare (AV) sinistra (mitrale o bicuspidale).

VENTRICOLO SINISTRO → la parete del ventricolo sinistro è tre volte più spessa di quella del ventricolo destro. Le contrazioni devono produrre una pressione sufficiente a spingere il sangue nell'intera circolazione sistemica. L'organizzazione interna è molto simile a quella del ventricolo destro, ma le sue trabecole carnee sono più robuste e prominenti, non esiste un fascio moderatore e sono presenti due grossi muscoli papillari. Dal qui il sangue raggiunge l'aorta ascendente passando attraverso la valvola aortica. Alla radice dell'aorta sono presenti piccole dilatazioni corrispondenti a ciascuna cusvide della valvola aortica (chiamati seni aortici, evitano che i lembi della valvola aderiscano alla parete dell'aorta durante l'apertura valvolare). Le arterie coronarie destra e sinistra (vascolarizzazione del miocardio) originano a livello dei seni aortici di destra e di sinistra. Il sangue prosegue poi nell'arco aortico e nell'aorta discendente. Il tronco polmonare e l'arco aortico sono uniti per mezzo del legamento arterioso (banda fibrosa di tessuto connettivo residuo di un importante vaso sanguigno fetale).

PER RIASSUMERE

- il ventricolo destro non ha bisogno di imprimere una pressione elevata al sangue diretto nella circolazione polmonare;
- la parete del ventricolo destro è piuttosto sottile;
- il ventricolo destro si contrae, si muove verso la parete del ventricolo sinistro, questo poi comprime il sangue entro il ventricolo destro, e la pressione generata spinge il sangue nel tronco polmonare attraverso la valvola semilunare polmonare. Grazie a questo processo si verifica un efficiente movimento della massa ematica impiegando il minimo sforzo (pressioni più alte andrebbero a rompere i capillari);
- il ventricolo sinistro ha una parete muscolare molto spessa;
- quando si contrae si accorcia e si restringe: la distanza tra la base e l'apice si riduce e il diametro della camera ventricolare diminuisce. La pressione generata è sufficiente ad aprire la valvola semilunare aortica e a spingere il sangue nell'aorta ascendente (inoltre la forza impiegata durante la contrazione viene in parte trasferita al v.dx. che ottimizza il proprio pompaggio).

VALVOLE

Le valvole atrioventricolari:

- situate tra gli atri e i ventricoli;
- un anello di tessuto connettivo;
- cuspidi di tessuto connettivo (interrompono la comunicazione tra le camere cardiache);
- corde tendinee che ancorano i margini delle cuspidi ai muscoli papillari;
- muscoli papillari che tendono le corde tendinee.

La tensione dei muscoli papillari e delle corde tendinee garantisce il mantenimento dei lembi in sede e ne impedisce il ribaltamento all'interno dell'atrio impedendo il reflusso di sangue nell'atrio.

La valvola polmonare (valvola semilunare polmonare):

- localizzata alla giunzione tra il ventricolo destro e l'arteria polmonare

La valvola aortica (valvola semilunare aortica):

- posta a livello della giunzione tra il ventricolo sinistro e l'aorta ascendente.

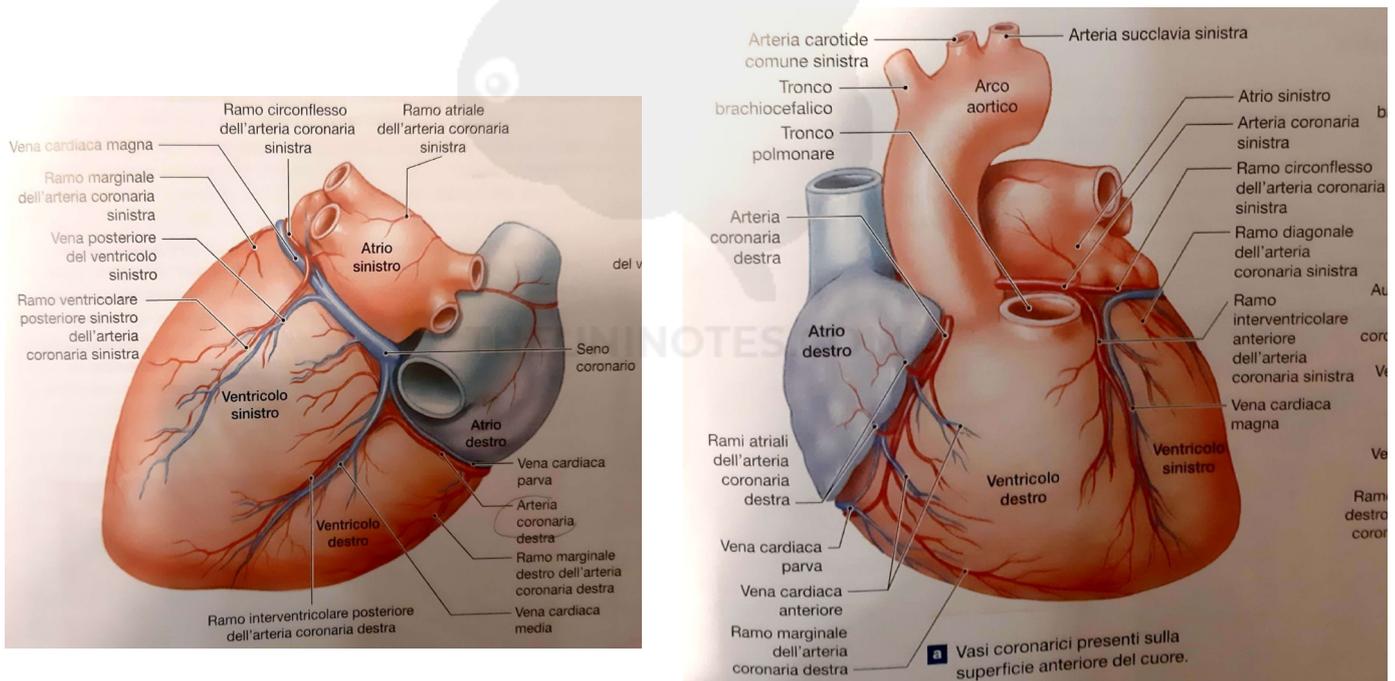
Queste valvole non necessitano di corde tendinee.

Patologie valvolari: possono interferire con la funzionalità cardiaca; gli operatori sanitari utilizzano lo stetoscopio. Il suo posizionamento varia a seconda della valvola da esaminare. I suoni cardiaci si diffondono attraverso il pericardio, i tessuti circostanti e la parete toracica, e alcuni tessuti attenuano il suono più di altri e dunque la posizione dello stetoscopio non sempre corrisponde alla posizione della valvola da esaminare.

VASI CORONARICI

La circolazione coronarica fornisce il sangue alla muscolatura cardiaca; essa comprende una estesa rete di vasi. Le arterie coronarie destra e sinistra (origine alla base dell'aorta ascendente, all'interno dei seni aortici) e sono i primi rami collaterali dell'aorta (che è un'arteria); la pressione è più elevata.

- **Arteria coronaria destra** → si dirama dall'aorta ascendente, passa tra auricola destra e tronco polmonare per terminare nel solco coronaria (arteria coronaria dominante). I suoi rami forniscono sangue all'atrio destro, a una porzione dell'atrio sinistro, al setto interatriale, a tutto il ventricolo destro, a una porzione variabile del ventricolo sinistro, al terzo posteroinferiore del setto interventricolare e al nodo senoatriale) del cuore.



L'arteria coronaria destra poi dà origine ai **rami atriali** che vascolarizzano il miocardio dell'atrio destro e di una porzione dell'atrio sinistro. Vicino al margine destro del cuore si forma il **ramo marginale** destro (acuto, va verso l'apice lungo la superficie anteriore del v.dx.). L'arteria posteriormente forma il **ramo interventricolare posteriore** (arteria discendente posteriore, va verso l'apice, fornisce il sangue al setto interventricolare).

- **Arteria coronaria sinistra** → fornisce sangue a gran parte del ventricolo e atrio sinistro, a una piccola porzione del ventricolo destro. Dopo il solco coronario, questa si biforca in un ramo interventricolare anteriore (**ramo discendente anteriore**) e un **ramo circonflesso**. Il primo è un'ampia arteria che va verso la faccia anteriore nel solco interventricolare anteriore, fornisce sangue al miocardio ventricolare anteriore e alla maggior parte del setto interventricolare. Il ramo circonflesso procede all'interno del solco coronario e, mentre curva verso la superficie posteriore del cuore, dà origine a uno o più rami diagonali. Nella maggior parte degli individui, l'arteria coronaria sinistra emette un **ramo marginale sinistro (ottuso)**, raggiunge l'apice del cuore e irrorata gran parte del ventricolo sinistro. Una volta arrivata nella porzione posteriore essa forma il **ramo ventricolare posteriore sinistro** (piccole dimensioni).

In varie sedi sui ventricoli del cuore sono visibili interconnessioni tra le arterie coronarie dette **anastomosi** (mantengono costante l'irrorazione sanguigna alla muscolatura ventricolare).

VENE CARDIACHE

Ci sono due **vene cardiache** e sono la **magna e la media**. Esse raccolgono il sangue dalle piccole vene e lo trasportano al **seno coronario** (grande vena, nella parte posteriore del solco coronario). Il seno coronario si apre nell'atrio destro, sotto lo sbocco della vena cava inferiore.

Le vene cardiache che drenano nella vena cardiaca magna o nel seno coronario includono:

- la vena posteriore del ventricolo sinistro;
- la vena cardiaca media;
- la vena cardiaca parva.

Le vene cardiache anteriori, che drenano la superficie anteriore del ventricolo destro, si svuotano direttamente nell'atrio destro.

COORDINAZIONE DELLA CONTRAZIONE CARDIACA

Il ciclo di contrazione del cuore prevede: contrazione degli atri e poi dei ventricoli; le cellule nodali e le fibre di conduzione coordinano le contrazioni che costituiscono ciascun ciclo. La funzione di una pompa è quella di:

- sviluppare una pressione;
- muovere un particolare volume di fluido in una specifica direzione a una data velocità.

Ciclo di contrazione → **sistole**; ciclo rilascio → **diastole**.

Le valvole atrioventricolari assicurano un flusso sanguigno unidirezionale. Il sangue defluisce da un atrio solo se la valvola AV è aperta e la pressione atriale supera quella ventricolare.

In maniera analoga da ventricolo a vena. La capacità del sincizio funzionale è definita **autoritmicità**. Stimoli nervosi o ormonali modificano il ritmo delle contrazioni che a loro volta sono coordinate da fibrocellule cardiache specializzate, le cellule di conduzione. Ce ne sono di due tipi:

- le **cellule nodali** (ritmo cardiaco);
- **fibre di conduzione** (distribuzione dello stimolo contrattile al miocardio comune).

CICLO CARDIACO

Le membrane plasmatiche delle cellule nodali hanno qualità uniche; presentano giunzioni intercellulari che le collegano elettricamente tra loro e con le fibre di conduzione.

Quando una cellula si depolarizza, genera un potenziale d'azione, che si propaga attraverso il sistema di conduzione, raggiungendo tutto il tessuto muscolare cardiaco e determinando una contrazione.

Non tutte le cellule nodali si depolarizzano alla stessa velocità ed esse stabilizzano la frequenza della contrazione. Le cellule pacemaker (**segnapassi**) si trovano nel nodo senoatriale. Il nodo SA si trova nella parete posteriore dell'atrio destro, in prossimità dello sbocco della vena cava superiore. Tali **cellule pacemaker** si depolarizzano rapidamente e spontaneamente, generando da 80 a 100 potenziali d'azione al minuto.

Ogni volta che il **nodo SA** genera un impulso, esso produce un battito cardiaco. Quindi a riposo la frequenza cardiaca è pari a 80-100 battiti al minuto (bpm).

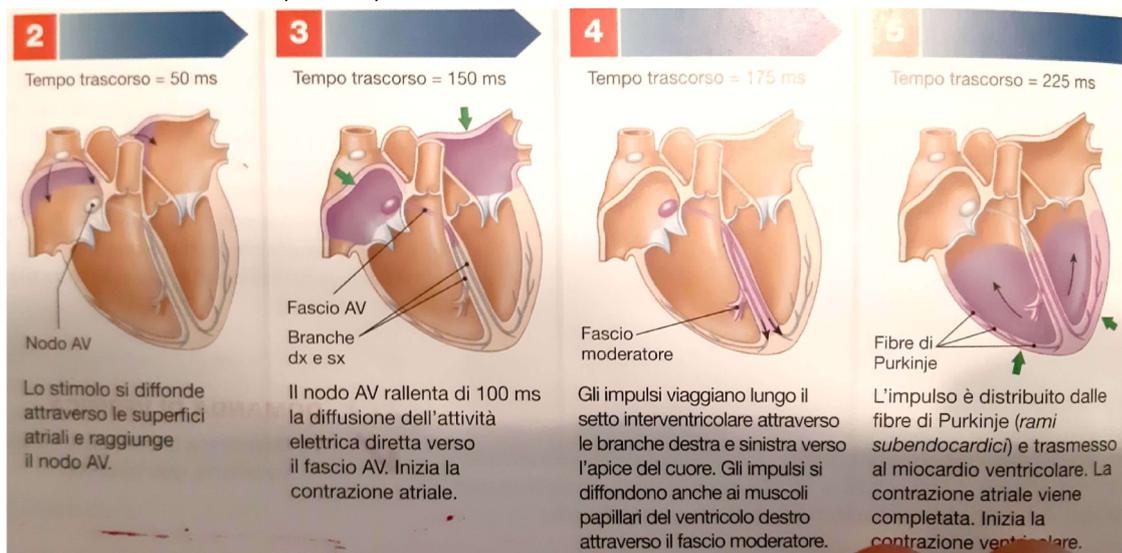
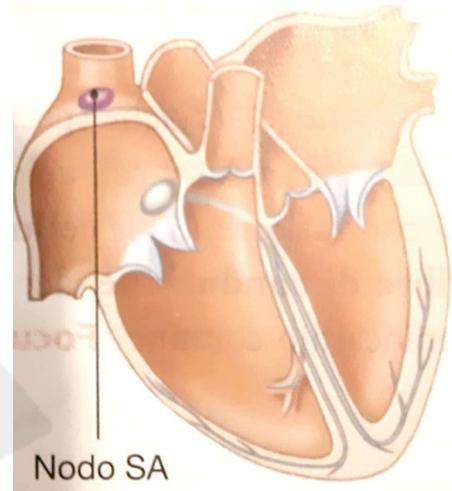
Vari fattori possono modificare sia il potenziale di riposo che la depolarizzazione spontanea di queste cellule, influenzando la frequenza cardiaca.

L'acetilcolina (rilasciata dai neuroni motori parasimpatici) è in grado di rallentare la depolarizzazione spontanea e ridurre la frequenza cardiaca attraverso la stimolazione dei recettori beta presenti sulle cellule nodali e miocardiche. Al contrario, la noradrenalina provoca l'aumento della frequenza cardiaca attraverso la stimolazione dei recettori muscarinici presenti sulle cellule nodali e miocardiche.

In condizioni normali di riposo, l'attività parasimpatica riduce la frequenza cardiaca a 70-80 battiti al minuto.

Numerosi problemi clinici:

- Bradicardia → frequenza cardiaca inferiore alla norma;
- Tachicardia → frequenza più alta.



Le cellule del nodo senoatriale sono connesse elettricamente con quelle del nodo atrioventricolare (AV), di dimensioni maggiori, attraverso le fibre di conduzione presenti nella parete atriale.

CONTROLLO AUTONOMO DELLA FREQUENZA CARDIACA

Le divisioni simpatica e parasimpatica del SNA forniscono innervazione al cuore attraverso il plesso cardiaco. (in particolare il nodo SA, il nodo AV, la muscolatura atriale e ventricolare e la muscolatura liscia delle pareti dei vasi sanguigni cardiaci).

