

Anatomia e fisiologia di base

Obiettivi

Alla fine di questo capitolo lo studente dovrebbe essere in grado di:

- 1.** Individuare le strutture del cuore osservabili da una vista anteriore. (pag. 6)
- 2.** Identificare le strutture dell'interno del cuore. (pag. 6-7)
- 3.** Discutere del flusso di sangue attraverso i due sistemi circolatori. (pag. 7)
- 4.** Valutare come difetti/ostruzioni del sistema circolatorio nuoceranno al paziente usando la funzione di "pompa semplificata" dello schema del sistema circolatorio. (pag. 7-8)
- 5.** Indicare come il sangue fluisce attraverso il sistema circolatorio dell'organismo grazie alle proprietà elastiche dello strato muscolare delle pareti arteriose. (pag. 8-9)
- 6.** Dimostrare competenza nell'uso dell'equazione per la gittata cardiaca in vari scenari clinici. (pag. 9-10)
- 7.** Descrivere il concetto di riempimento atriale eccessivo dei ventricoli e spiegare come sia collegato all'aumento della contrattilità ventricolare. (pag. 10-11)
- 8.** Analizzare gli effetti di tachicardie rapide sulla fase di riempimento ventricolare rapido. (pag. 11)
- 9.** Descrivere il ruolo del sistema di conduzione elettrica nella formazione di contrazioni cardiache sincronizzate. (pag. 11-19)
- 10.** Discutere la necessità del nodo atrioventricolare e il suo ruolo nel generare contrazioni cardiache sincronizzate. (pag. 12-13)
- 11.** Spiegare l'efficienza del nodo atrioventricolare e il ruolo fisiologico di blocco come un meccanismo cardioprotettivo per prevenire che la trasmissione di battiti atriali molto rapidi raggiunga e depolarizzi i ventricoli. (pag. 12-13)
- 12.** Disegnare e descrivere il sistema di conduzione elettrica del cuore. (pag. 14)
- 13.** Spiegare il sistema dei pacemaker e la gerarchia dei pacemaker. (pag. 14-15)
- 14.** Elencare le quattro zone aritmogene. (pag. 20)

LA PROSPETTIVA DI VISTA DI CHI COMINCIA

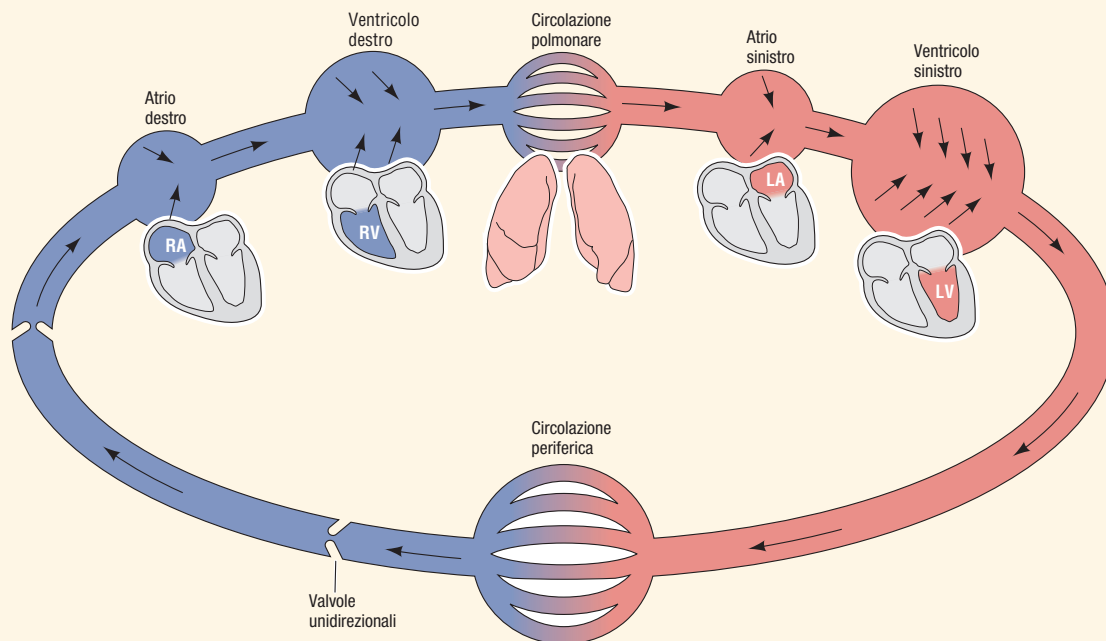
Molti degli autori dei libri di testo sono davvero esperti nel loro campo, come ci si dovrebbe aspettare. Comunque, questa profonda conoscenza crea una barriera linguistica e concettuale tra loro e i principianti che, per definizione, non capiscono pienamente la materia. Questa “difficoltà linguistica” crea un senso di impotenza e insicurezza che sovrasta molti principianti all’inizio. Come menzionato nella *Prefazione*, le caselle *La prospettiva di chi comincia* sono state create come un modo per me, che sono stato poco fa un principiante, per venire incontro a coloro che hanno appena iniziato e per condividere alcuni dei miei dubbi e tribolazioni. Mi focalizzerò sulle parole chiave o sui messaggi da portare a casa che ho trovato importanti per sviluppare una comprensione più profonda dell’argomento. Spero che condividendo questo viaggio renderemo il processo di apprendimento meno difficile.

Vorrei riassumere questo capitolo con l’espressione, “un’immagine vale più di mille parole”. La forza di questo capitolo è nelle sue immagini. Aiutano a chiarire e semplificare vari concetti difficili. Come esempio, considerate la Figura 1-5. Inizialmente mi è stato insegnato il modo tradizionale che si focalizza sui due sistemi circolatori (polmonare e sistemico) che funzionano in maniera sincronizzata tra loro per far circolare il sangue. La mia prima impressione fu quella di due sistemi connessi al cuore, ma il percorso che il sangue deve intraprendere

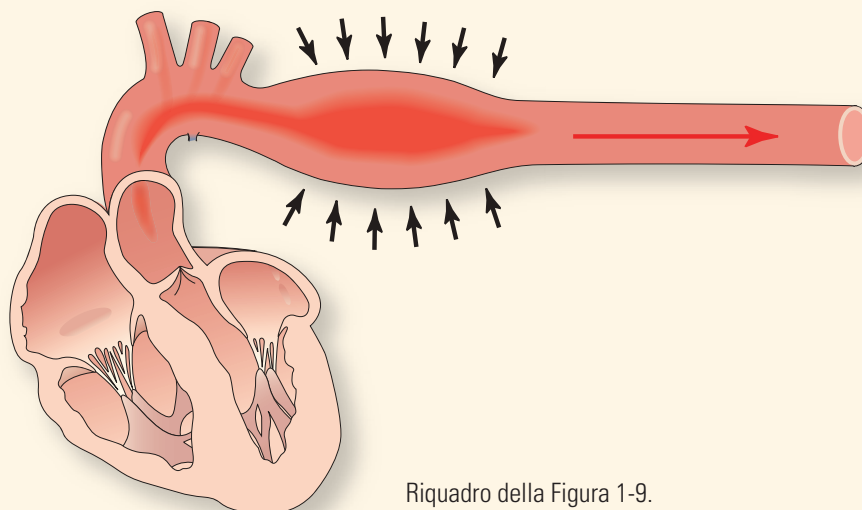
in questo sistema era difficile da concettualizzare. Solo dopo aver guardato la Figura 1-5 e aver visto come il sangue viene effettivamente indirizzato ho capito che esiste un percorso continuo con “tubi” che si incrociano su sé stessi a livello del cuore, come un otto.

Se modifichiamo anche solo un po’ il nostro pensiero, vediamo come un backup in una sezione possa influenzare tutto il sistema. Forse inconsapevolmente, abbiamo lavorato con concetti correlati per tutto il tempo. Prendiamo ad esempio un semplice tubo. Tutti abbiamo visto come un blocco nel tubo causi un aumento della pressione nella sezione del tubo antecedente al blocco e, in definitiva, una diminuzione del flusso in uscita dal tubo. Abbiamo visto come ostruzioni parziali intacchino la dinamica del fluido del sistema, come beccucci differenti lo intacchino, come l’aumento o la diminuzione della pressione dell’acqua lo intacchino, come la larghezza del tubo lo intacchi, e così via. Una volta considerato il sistema come un circuito continuo, ha senso poi scomporlo nel sistema polmonare e sistemico.

Lo stesso si può dire per la Figura 1-9 per il concetto di postcarico, un concetto critico discusso nei capitoli successivi. Una cosa è parlare del fatto che le contrazioni cardiache fanno sì che il sangue fluisca nel corpo; un’altra è capire come lo facciamo. La Figura 1-9 ci mostra che il ventricolo sinistro si contrae e che la quantità di sangue presente in quella camera è spinta fuori nell’aorta.



Riquadro della Figura 1-5.



Riquadro della Figura 1-9.

Il volume del sangue dilata l'aorta grazie all'espansione della parete muscolare elastica. La tensione repressa nella parete muscolare elastica, a sua volta, aumenta la pressione interna dell'aorta quando le pareti tentano di ritornare a uno stato normale di rilassamento. Poiché le valvole del cuore sono unidirezionali e il sangue non può ritornare nei ventricoli, il sangue ha solo una via da seguire: andare avanti. È quella pressione costante sul sangue, causata dal rilascio della tensione muscolare elastica nelle pareti dell'aorta, che lentamente spinge il sangue avanti attraverso il resto del corpo e che crea la circolazione. Il ruolo del cuore è solo quello di avviare il processo espellendo quella data quantità di sangue dentro l'aorta; gran parte del processo circolatorio inizia dopo il cuore. La proprietà elastica passiva creata nelle pareti arteriose spinge il sangue a circolare attraverso il cervello, il cuore stesso (attraverso le arterie coronarie) e nel resto del corpo.

Sapere queste informazioni è davvero ottimo. Cosa possiamo dedurre in più da ciò? Bene, ora capiamo da dove si formano le pressioni sistolica e diastolica. La pressione arteriosa sistolica è l'intero ammontare della pressione all'interno dell'arteria immediatamente dopo aver ricevuto il bolo di sangue dal cuore; inizia qui il percorso del sangue in avanti. La pressione arteriosa diastolica è la pressione all'interno dell'arteria quando le pareti muscolari sono in uno stato di riposo – in altre parole, quando c'è una netta diminuzione del flusso anterograde del sangue.

Ci sono alcuni concetti in più che generalmente non ritenevo importanti per me – ovvero fino a quando non ho capito come funziona davvero la circolazione. Prendete il concetto avanzato di postcarico, ad esempio. Il

postcarico è definito come la pressione contro la quale il cuore deve pompare per espellere il sangue. Se la pressione nell'aorta è alta, il cuore deve lavorare di più per pompare la stessa quantità di sangue al suo interno. Ora che abbiamo capito la circolazione, possiamo vedere come questo scenario possa causare un grande problema. Meno sangue potrebbe essere espulso dal cuore, portando a una minor circolazione di sangue; un aumento di tensione nel cuore potrebbe portare a un'ischemia o a una dilatazione dei ventricoli, e meno sangue raggiungerebbe gli organi del corpo, come il cervello e il cuore stesso.

Potreste dire “sono solo (inserite il vostro titolo medico). Non ho bisogno di conoscere un postcarico. Come questa informazione può riguardarmi?”. La mia domanda per voi è, avete mai dato farmaci al vostro paziente? I medicinali alterano la tensione nelle pareti muscolari. Ad esempio, gli antipertensivi e, in larga misura, la nitroglicerina agiscono in questo modo. Inoltre, i traumi riducono il volume di sangue circolante. E queste sono solo alcune implicazioni.

La verità è che il campo della medicina clinica lavora sulla meccanica. Il riconoscimento di un'aritmia non è un'eccezione a questa regola. Imparare dovrebbe essere semplice, eccitante e interessante per non dire divertente. Il nostro obiettivo è di darvi questa opportunità; il vostro obiettivo dovrebbe essere aprire la mente.

In conclusione, quando vi approcciate a un nuovo argomento, dovrete guardare alle semplici descrizioni su come le cose funzionino. Avrete tempo per la complessità dopo. Comprendendo i concetti semplici, sarete già al 95% del percorso. È il restante 5% che necessita di una vita per padroneggiarlo.

—Daniel J. Garcia

Anatomia di base

Poiché state leggendo un libro di elettrocardiografia, consideriamo che abbiate già un insegnamento di base sull'anatomia cardiaca. Comunque, un ripasso non è mai una cosa sbagliata, quindi andremo a trattare l'anatomia di base del cuore e poi ci concentreremo sul sistema di conduzione elettrica.

Il cuore è situato al centro del torace con una leggera angolazione rivolta verso il basso, a sinistra e leggermente anteriore. Guardate la **Figura 1-1**.

Adesso, guardiamo il cuore stesso. Prima da una vista anteriore, poi in sezione trasversale.

Vista anteriore

Il ventricolo destro (VD) domina la vista anteriore (**Figura 1-2**). Gran parte della superficie anteriore dei ventricoli è occupata dalla superficie del VD. Un punto chiave per ricordarlo è questo, anche se il VD domina da questa vista, il ventricolo sinistro (VS) domina la visione elettrica. Rivedremo questo concetto in maniera più dettagliata nel capitolo 4, *Vettori e battito di base*, quando parleremo dei vettori.

Il cuore in sezione trasversale

La **Figura 1-3** mostra una vista del cuore in sezione trasversale. Nelle sezioni successive parleremo della funzione del cuore come pompa e rivedremo il sistema di conduzione elettrica in maniera più dettagliata.

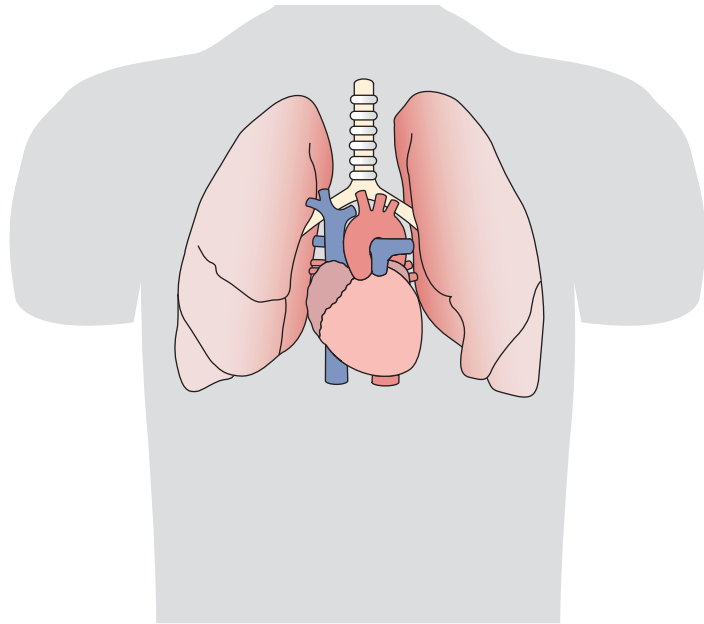


Figura 1-1 Posizione del cuore nella cavità toracica.

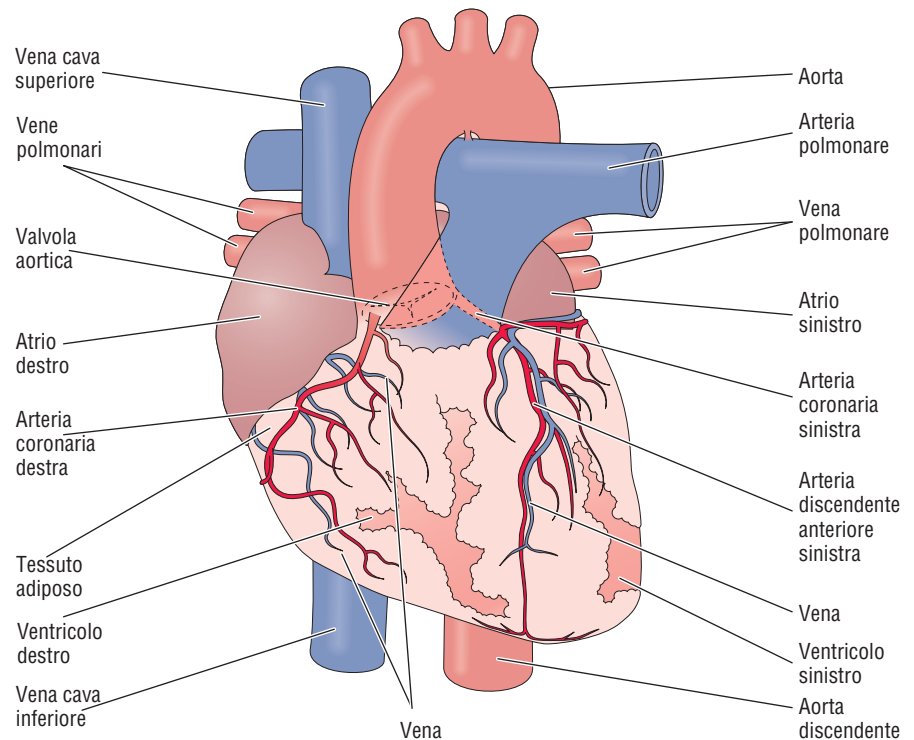


Figura 1-2 Vista anteriore del cuore.

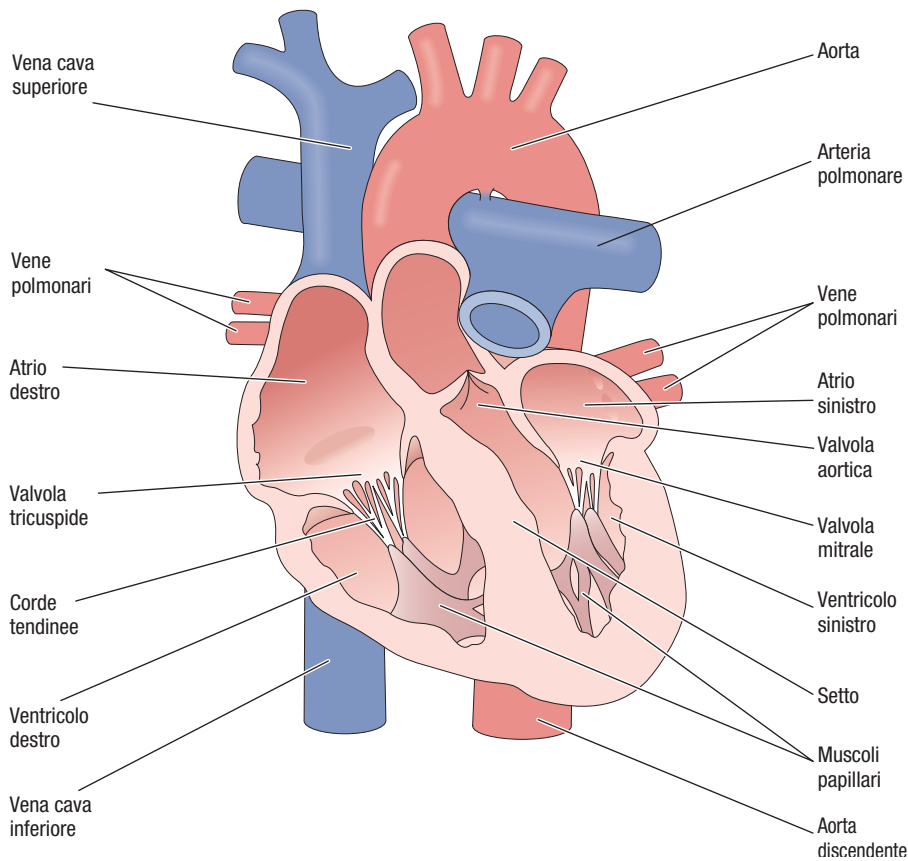


Figura 1-3 Vista in sezione trasversale del cuore.

Il cuore come una pompa

Il cuore è formato da quattro camere principali: i due atri e i due ventricoli. Gli atri si svuotano dentro i loro ventricoli corrispondenti. Il VS si svuota nel sistema circolatorio sistemico e il VD si svuota nel sistema polmonare. Le vene portano il sangue al cuore, mentre le arterie portano via il sangue dal cuore. Come mostra la **Figura 1-4**, questo è un sistema chiuso. Il sangue circola dentro questo sistema chiuso continuamente, assorbendo ossigeno dai polmoni e rilasciandolo nei tessuti periferici. Questa è una spiegazione esemplificata di un sistema davvero complesso, ma al momento è sufficiente al nostro scopo.

Funzione di pompa semplificata

È più semplice pensare al sistema circolatorio come farebbe un ingegnere: come un sistema di pompe e tubi interconnessi.

Date uno sguardo alla **Figura 1-5**. Vediamo che ci sono quattro pompe in sequenza. Le due piccole pompe di adescamento sono gli atri, il cui unico scopo è spingere una piccola quantità di sangue nelle due più grandi, i ventricoli. I ventricoli si differenziano nella quota e nella quantità di pressione che possono generare. A causa delle valvole unidirezionali presenti nel sistema venoso, il sangue può solo fluire in avanti.

Gittata cardiaca

La pressione sanguigna è fondamentale per la vita. Abbiamo bisogno che la pressione sanguigna agisca come forza motrice per muovere il sangue attraverso il sistema circolatorio in modo da portare l'ossigeno e i nutrienti a tutte le cellule. Come fa il corpo a mantenere la pressione sanguigna? È mantenuta sia attivamente sia passivamente. In questa parte vedremo prima il sistema passivo e poi discuteremo quello attivo.

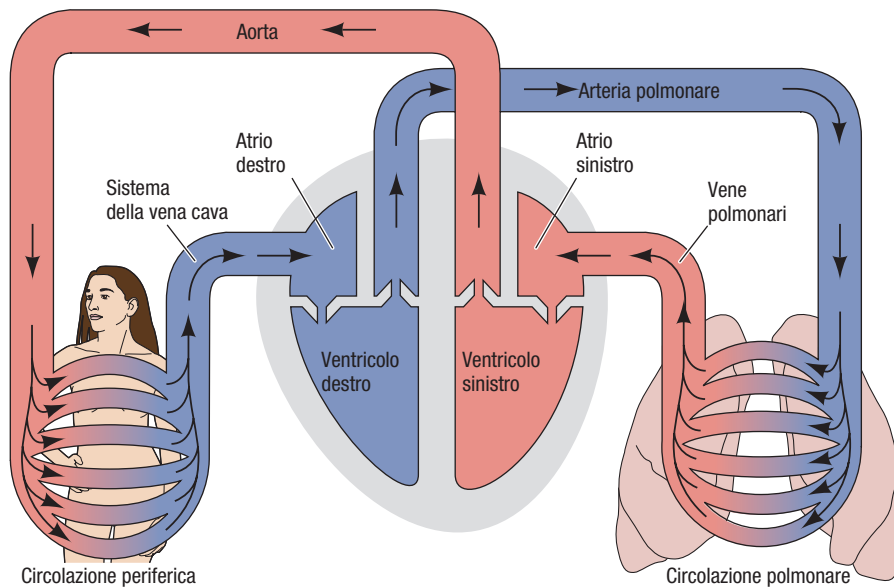


Figura 1-4 Il cuore come una pompa.

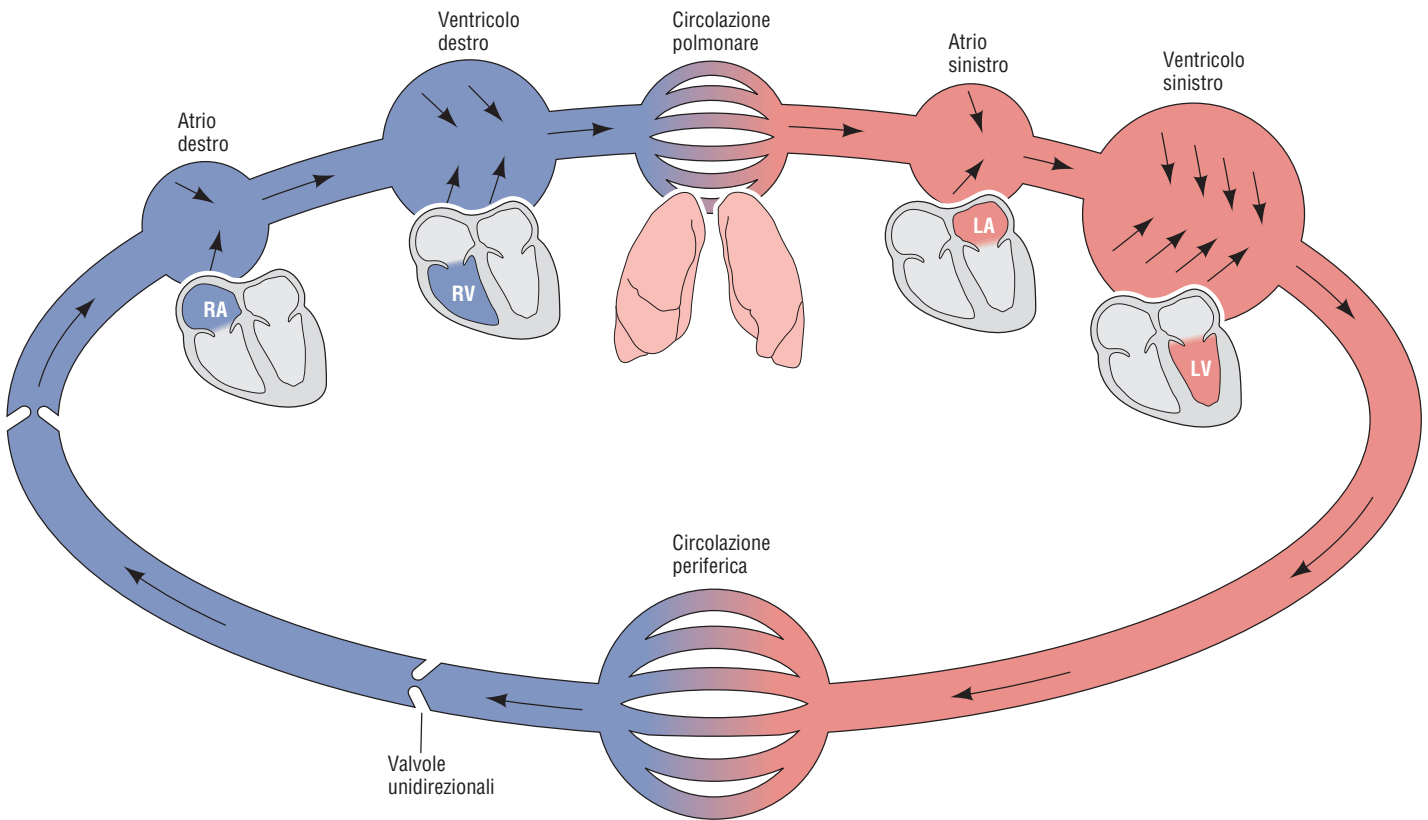


Figura 1-5 Funzione di pompa semplificata del sistema circolatorio.

Pompaggio passivo

Supponete di aggiungere altri 70 ml di liquido in un tubo pieno a pareti solide, per esempio in PVC o rame (**Figura 1-6**). Quali cambiamenti potrebbe apportare questo liquido in più nel tubo? La pressione nel tubo potrebbe aumentare drammaticamente a ogni cc di fluido che aggiungerete (**Figura 1-7**). La pressione forzerebbe il fluido a uscire dall'estremità aperta del tubo così da alleggerire la pressione. Il sistema funziona bene quando avete tubi non lunghi e una pompa forte. Più lungo è il tubo, più forte dev'essere la pompa.

In un chilogrammo di tessuto adiposo nel corpo umano c'è un quarto di chilometro di tubi (**Figura 1-8**). Possiamo considerare lo stesso anche per altri tipi di tessuto.

Quanti chilometri di tubi ci sono nel vostro intero sistema vascolare? Tantissimi. La pompa ha bisogno di spingere il sangue attraverso un tale sistema di tubi che qualora fosse rigido dovrebbe essere davvero molto forte. Cosa pensate possano comportare tali forze ai vostri globuli rossi, globuli bianchi e piastrine? Li distruggerebbero. Pertanto, questo tipo di sistema non funzionerebbe nei nostri corpi.

Piuttosto che da tubi rigidi, il corpo umano è composto da tubi *elastici*. I tubi elastici possono piegarsi e permettono di muoversi senza difficoltà. Inoltre sono comprimibili, facendo sì che il movimento del muscolo esterno aiuti a pompare il sangue comprimendo e spremendo i tubi, così da spingere il fluido in avanti.

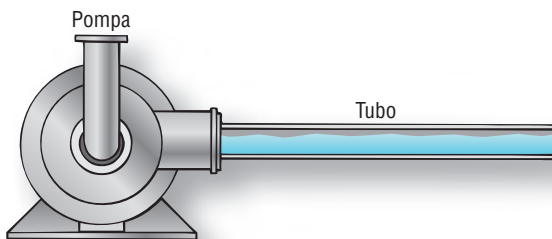


Figura 1-6 Sistema rigido di tubi.

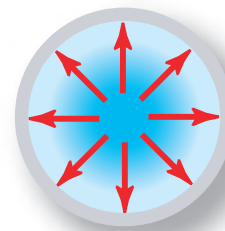


Figura 1-7 Pressione nel tubo.

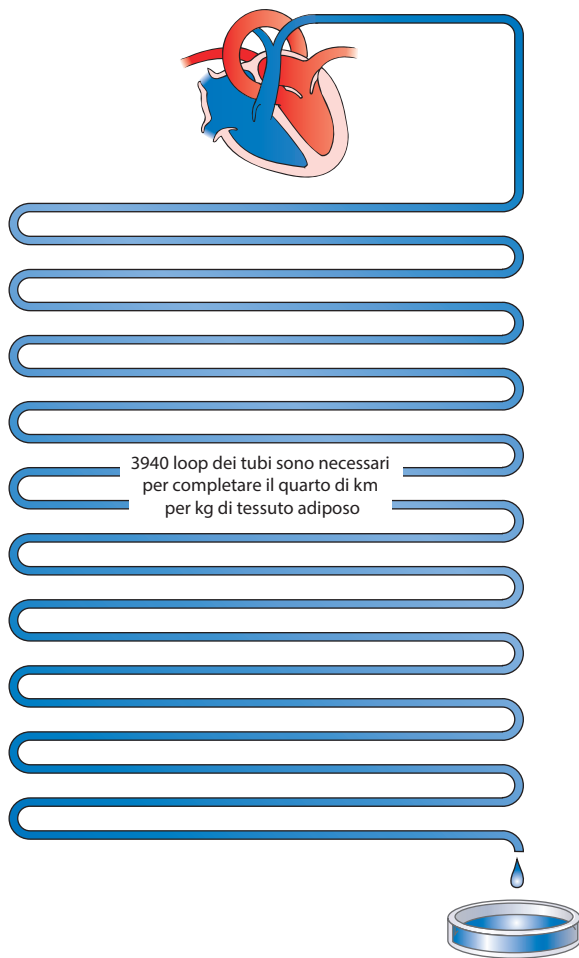


Figura 1-8 Ogni kg di tessuto adiposo ha all'interno all'incirca un quarto di km di tubi vascolari che permettono la perfusione a tutte le

Il vantaggio più grande di questo tipo di tubi, comunque, sono le sue proprietà elastiche. La sua elasticità permette al vaso sanguigno di distendersi con facilità in modo da accogliere una quantità maggiore di fluido ogni qual volta il cuore pompa (**Figura 1-9**).

Cosa accadrebbe ora alla pressione nel tubo? Si accumulerebbe nel tubo, ma la distensione distribuirebbe la pressione un po' più agevolmente. Cosa succede a un elastico quando lo allungate? Ritorna indietro alla sua forma originale. Questa energia accumulata esercita una pressione costante e regolare sul sangue, facendolo scorrere in avanti agevolmente, evitando elevati tagli di pressione e turbolenze (vedi Figura 1-9). Le pareti arteriose distese, sostanzialmente, agiscono come una pompa addizionale aiutando a spingere il sangue avanti attraverso il sistema circolatorio.

La lenta e costante pressione di un sistema arterioso elastico rilassato che vuole tornare normale è il modo passivo di funzionare del sistema circolatorio. Adesso innanzitutto occupiamoci del sistema attivo che causa il rilassamento arterioso.

Pompaggio attivo

La pressione arteriosa è attivamente mantenuta dalla quantità di sangue che il cuore pompa nel sistema vascolare ogni minuto – in altre parole, la *gittata cardiaca*. La gittata cardiaca è a sua volta composta da due variabili: la *gittata sistolica* e la *frequenza cardiaca*. La gittata sistolica è la quantità di sangue che il cuore espelle durante ogni contrazione. Questa quantità generalmente è all'incirca

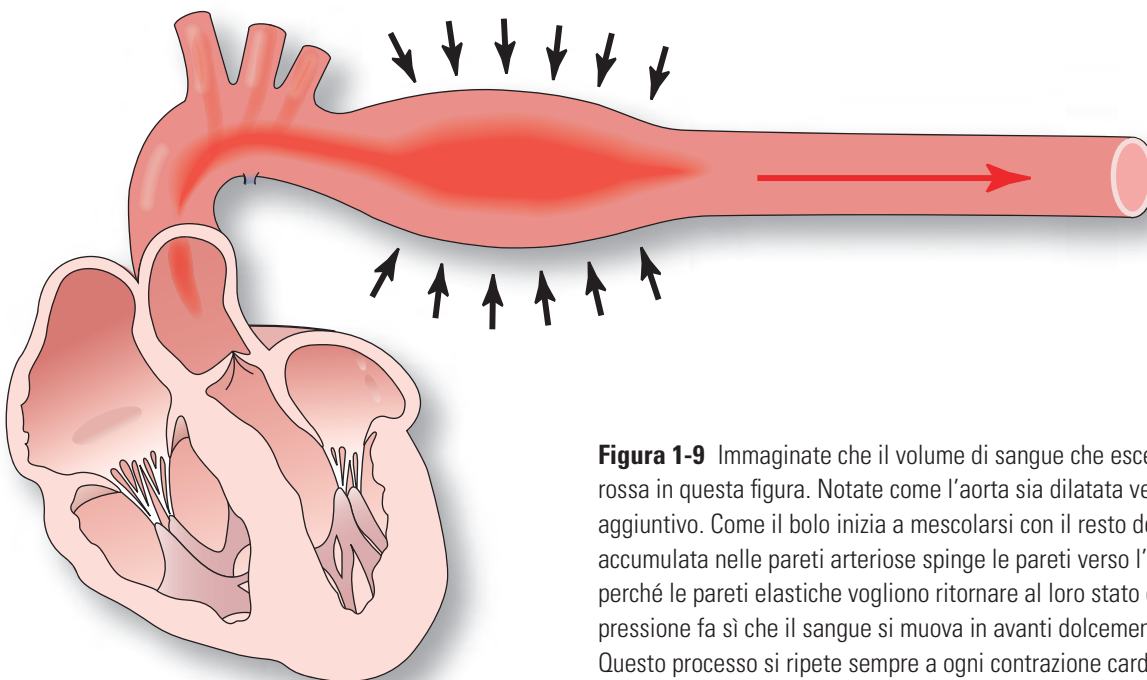


Figura 1-9 Immaginate che il volume di sangue che esce dal cuore sia l'area rossa in questa figura. Notate come l'aorta sia dilatata verso l'esterno dal bolo aggiuntivo. Come il bolo inizia a mescolarsi con il resto del sangue, la pressione accumulata nelle pareti arteriose spinge le pareti verso l'interno. Ciò accade perché le pareti elastiche vogliono ritornare al loro stato di riposo. Questa pressione fa sì che il sangue si muova in avanti dolcemente e continuamente. Questo processo si ripete sempre a ogni contrazione cardiaca.

pari a 70 cc per contrazione. La frequenza cardiaca, come potete immaginare, si riferisce al numero delle volte in cui il cuore batte in un minuto.

La gittata cardiaca è calcolata matematicamente considerando la quantità di sangue che il cuore può espellere in una contrazione e poi moltiplicando per il numero delle contrazioni al minuto. In altre parole:

gittata cardiaca = gittata sistolica x frequenza cardiaca

Per poter mantenere un buon equilibrio emodinamico, la gittata cardiaca deve trovarsi all'interno di un intervallo normale. Considerate comunque che potete mantenere un'adeguata gittata cardiaca alterando le due variabili. Per esempio, supponiamo che la gittata sistolica sia 40 cc al minuto (invece dei normali 70 cc al minuto). Potete trovare un modo per far sì che la gittata cardiaca resti all'interno dell'intervallo normale? Un modo potrebbe essere aumentando la frequenza cardiaca. Questo è il motivo per cui quando c'è una significativa perdita di sangue (con conseguente diminuzione del volume del tratto poiché c'è meno sangue da pompare), si sviluppa una tachicardia come meccanismo di compenso. Il corpo cerca di superare questa deficienza nella quantità di sangue e nel volume aumentando la frequenza cardiaca.

Ora diamo uno sguardo più da vicino al concetto di gittata sistolica. Alla fine di una sistole, i ventricoli hanno appena svuotato il loro contenuto nel sistema arterioso (**Figura 1-10**). Come fa il cuore a riempire di nuovo i ventricoli? Se ricordate dalla fisiologia di base, gran parte del riempimento ventricolare si verifica durante la diastole precoce, quando le valvole atrioventricolari (AV) si apro-

no e un afflusso di sangue fluisce nella camera ventricolare (**Figura 1-11**). Ciò è conosciuto come la *fase di riempimento diastolico rapido*.

Dopo la fase di riempimento ventricolare rapido, i ventricoli sono pieni di sangue. Se i ventricoli dovessero contrarsi a questo punto, la gittata sistolica del cuore sarebbe inferiore a quella normale per molti individui. Perché? Perché i ventricoli sono pieni ma non troppo. È un fatto ben noto nella fisiologia muscolare che un muscolo si contrae in modo più efficiente se è leggermente allungato (vedi Informazioni aggiuntive). Quindi, come possiamo riempire maggiormente i ventricoli per permettere al muscolo di allungarsi un po'? L'afflusso passivo di sangue non dovrebbe farlo. La risposta è chiara se pensiamo alla contrazione atriale.

Se guardate la **Figura 1-12** noterete che gli atri sono completamente pieni di sangue durante la fase intermedia della diastole. Sono stati riempiti dal sangue venoso che torna continuamente al cuore. Alla fine della diastole, quando i ventricoli sono quasi pieni, gli atri si contraggono e spingono il sangue in eccesso verso i ventricoli così da riempirli maggiormente (**Figura 1-13**). Il maggior riempimento dato dalla contrazione atriale allunga il muscolo ventricolare, permettendo la massima contrattilità e la massima gittata sistolica. Una miglior gittata sistolica significa maggior controllo sulla gittata cardiaca.

Magari vi starete chiedendo perché ci stiamo soffermando così tanto sulla fisiologia di base se questo è un libro sulle aritmie. La ragione è che la frequenza cardiaca è una delle variabili più importanti nel mantenimento della gittata cardiaca. Come abbiamo visto prima, l'altra

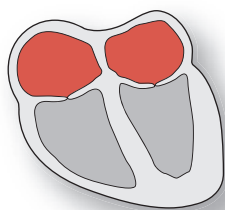


Figura 1-10 Questa figura mostra il cuore nella fase tardiva della sistole. Gli atri sono pieni ma i ventricoli sono vuoti.

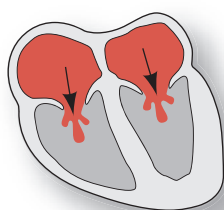


Figura 1-11 Nella fase iniziale della diastole, le valvole AV si aprono, permettendo a una grande quantità di sangue di precipitarsi nei ventricoli. Questa è la fase di riempimento rapido della diastole.

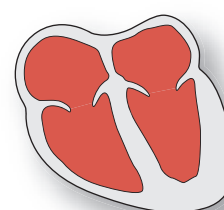


Figura 1-12 Nella fase intermedia della diastole, i ventricoli sono pieni. Notate che le pareti ventricolari, comunque, non sono assolutamente distese.

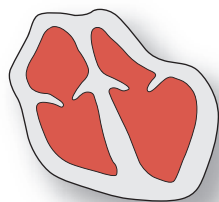


Figura 1-13 La contrazione atriale permette che una quantità aggiuntiva di sangue entri nei ventricoli, facendoli allungare e riempire maggiormente. Il leggero allungamento nel muscolo ventricolare causato dalla spinta atriale massimizzerà la gittata sistolica e la gittata cardiaca.

Informazioni aggiuntive

Tensione muscolare

Quando un muscolo è alla sua normale lunghezza (**Figura 1-14**), la quantità di tensione che può produrre è un ammontare fisso. In altre parole, un muscolo può solo produrre tale tensione. D'altra parte, però, se il muscolo fosse stirato, la quantità di tensione che potrebbe produrre sarebbe maggiore (**Figura 1-15**).

Il muscolo cardiaco non è un'eccezione a questa regola. Se il cuore potesse riempirsi solo con mezzi passivi come l'afflusso di sangue, il muscolo cardiaco non sarebbe stirato.

La quantità di forza che il cuore potrebbe usare per contrarsi sarebbe minore se il muscolo fosse in qualche modo stirato. (I libri di testo sulla fisiologia si riferiscono a questa scoperta come al meccanismo o legge di Frank-Starling). La spinta atriale permette al cuore di sovrariempirsi un po' e di stirare il muscolo, massimizzando la contrazione del miocardio.

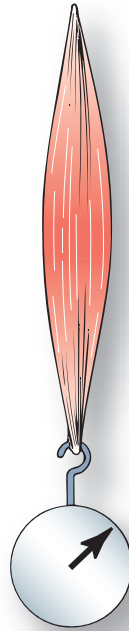


Figura 1-14 Un muscolo rilassato ha meno tensione di un muscolo allungato.

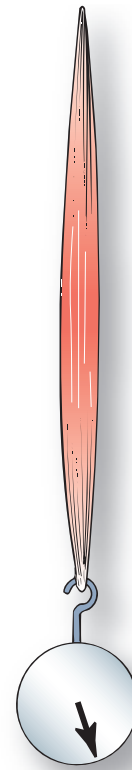


Figura 1-15 Un muscolo allungato ha una migliore funzionalità.

variabile importante è la gittata sistolica. In molti casi, le aritmie intaccheranno profondamente una delle due o entrambe le variabili. Per poter capire le implicazioni cliniche delle aritmie, dovete capire il concetto di riempimento cardiaco e gittata cardiaca in modo molto chiaro. Faremo riferimento a questa sezione per tutto il libro.

Adesso diamo uno sguardo approfondito a come il cuore intacca la gittata sistolica. Cosa pensate accada alla gittata sistolica del cuore con una frequenza cardiaca molto alta? Ricordate dalla nostra precedente discussione sulla fase di riempimento rapido che gran parte del volume di sangue che entra nel ventricolo arriva durante la prima fase della diastole, subito dopo che le valvole AV si sono aperte (**Figura 1-16**). A una frequenza ventricolare molto alta, i ventricoli non hanno il tempo di riempirsi adeguatamente perché la fase di riempimento rapido è accorciata (**Figura 1-17**).

Il risultato netto è che i ventricoli non sono riempiti al massimo o non sono troppo pieni alla fine della diastole. Quando si contraggono, la quantità di sangue che viene espulsa è minore rispetto a quella ottimale. Una quantità minore rispetto a quella ottimale significa una diminuzione della gittata cardiaca. In altre parole, la gittata cardiaca

diminuirà perché la gittata sistolica sarà nettamente minore. Una diminuzione della gittata cardiaca può causare molto facilmente instabilità emodinamica. Questo spiega come una tachicardia o una frequenza cardiaca alta possa uccidere.

Il sistema di conduzione elettrica

L'impulso cardiaco è essenzialmente energia bioelettrica. Dalla nostra esperienza di vita, sappiamo che l'elettricità viaggia ovunque può, il più velocemente possibile.

Nel cuore, l'unico modo in cui l'energia bioelettrica può viaggiare è la trasmissione dell'impulso da cellula a cellula (**Figura 1-18**). Questa forma di trasmissione dell'impulso è lenta e porterebbe a contrazioni meccaniche non sincronizzate. In questa sezione, iniziamo a guardare a un gruppo di cellule specializzate del cuore che compongono un sistema specializzato noto come sistema di conduzione elettrica.

Abbiamo discusso la necessità degli atri di avere contrazioni controllate così da riempire i ventricoli. Iniziamo a guardare al sistema di conduzione elettrica facendoci una semplice domanda: se la trasmissione attraversa intera-

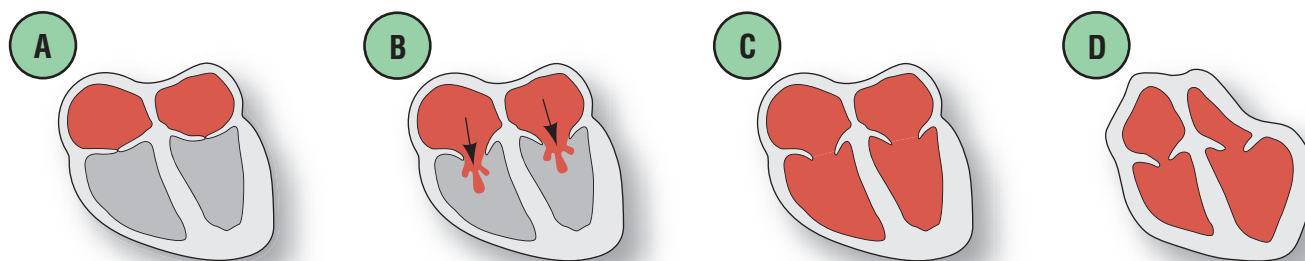


Figura 1-16 Fase di riempimento rapido normale e sovrariempimento causato dalla contrazione atriale durante una frequenza cardiaca normale.

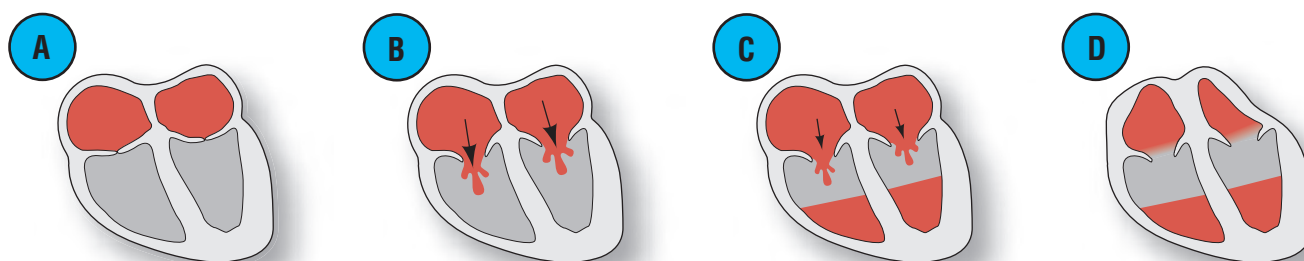


Figura 1-17 Una fase di riempimento cardiaco compromessa è mostrata negli esempi A e C. La piccola quantità di sangue aggiunta dalla spinta atriale non è abbastanza per ovviare al minor volume di sangue nei ventricoli. Il risultato netto è che la gittata sistolica, e quindi la gittata cardiaca, saranno nettamente inferiori.

mente gli atri con qualsiasi mezzo disponibile (trasmissione cellula a cellula, sistema di conduzione specializzato ecc.), come si possono attivare gli atri senza attivare i ventricoli allo stesso tempo (**Figura 1-18**)?

Qualora l'impulso elettrico viaggiasse liberamente dagli atri ai ventricoli, allora sia gli atri sia i ventricoli si contrarrebbero quasi simultaneamente. Questa stimolazione simultanea non permetterebbe alla funzione primaria dei ventricoli di verificarsi. Per attivare i ventricoli, gli atri devono contrarsi esattamente prima che i ventricoli inizino a contrarsi. Questa contrazione sequenziale deve verificarsi perché una volta che i ventricoli si sono contratti, la maggior forza della contrazione ventricolare chiude le valvole AV. Se le valvole sono chiuse, il sangue non può attraversarle. Il sangue pompato dagli atri non dovrebbe inondare i ventricoli, anzi dovrebbe essere costretto a rientrare nel sistema circolatorio.

La natura, nella sua infinita saggezza, ha superato questo problema con alcune soluzioni eleganti. Primo, ha reso il setto AV una parete di tessuto non conduttivo tra gli atri e i ventricoli (**Figura 1-19**). Questo setto agisce come un firewall tra gli atri e i ventricoli, interrompendo completamente la conduzione dell'impulso prima che raggiunga i ventricoli. Solo questa soluzione però non sarebbe sufficiente. Ora, come fa l'impulso a raggiungere i ventricoli?

Non può. Ecco la seconda soluzione elegante, il nodo AV.

L'unica comunicazione elettrica tra atri e ventricoli è una piccola quantità di tessuto protettivo conosciuto come *nodo AV* (**Figura 1-20**). Il nodo AV rallenta la conduzione dell'impulso dagli atri ai ventricoli quanto basta per permettere agli atri di terminare la loro contrazione meccanica.

Pensate al nodo AV come a un cancello custodito in un complesso di appartamenti. Quando arrivate per la prima volta, il cancello è chiuso e dovete fermare l'automobile. La guardia vi fa qualche domanda, chiama la persona nell'appartamento e chiede se è pronta a ricevervi, e poi apre il cancello. Solo dopo l'apertura del cancello potete entrare senza causare gravi danni alla macchina. Il guardiano, il custode, ha effettivamente rallentato il vostro arrivo per massimizzare l'efficienza del proprietario dell'appartamento. Questo è esattamente ciò che fa il nodo AV nel cuore. L'impulso atriale raggiunge il nodo AV e vuole passare. Il nodo AV rallenta la trasmissione fino a quando i ventricoli non sono pronti. Quando i ventricoli sono pronti, il cancello viene completamente aperto e l'impulso lo attraversa per stimolare i ventricoli. Questa funzione di rallentamento del nodo AV è conosciuta come *blocco fisiologico* (**Figura 1-21**).

Come tutti sappiamo, le aritmie possono essere anche

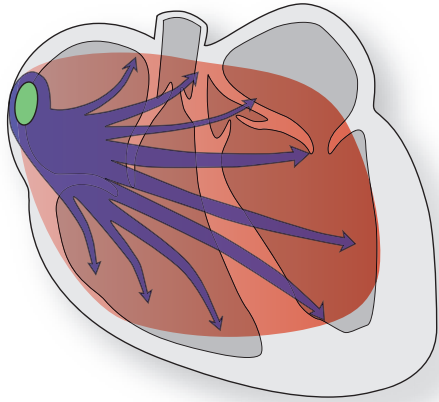


Figura 1-18 Se il cuore fosse composto solo da tessuto muscolare, l'impulso elettrico viaggerebbe indisturbato dagli atri ai ventricoli, causando contrazioni simultanee degli atri e dei ventricoli.

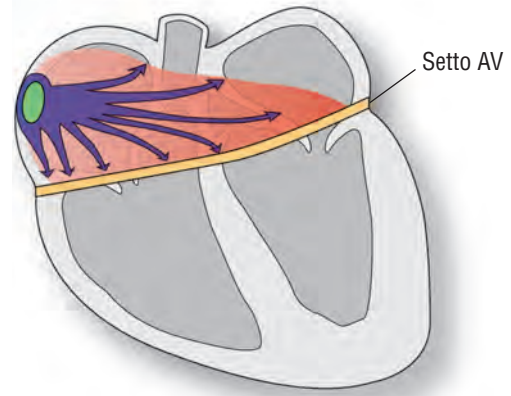


Figura 1-19 Il setto AV rappresenta un muro non conduttivo tra gli atri e i ventricoli. Se il setto AV non avesse avuto alcuna comunicazione tra gli atri e i ventricoli, l'impulso non avrebbe mai raggiunto i ventricoli.

mortali. Spesso una compromissione emodinamica si verifica perché le aritmie possono causare contrazioni inefficienti e asincrone del cuore. La contrazione asincrona riduce la gittata cardiaca che, a sua volta, riduce la pressione arteriosa e la perfusione ai tessuti. Una mancata circolazione del sangue e un mancato apporto di ossigeno o nutrienti alle cellule equivalgono a dire che non c'è vita. I mezzi di trasmissione sequenziale, ordinata e controllata dell'impulso elettrico attraverso il nodo AV e il suo blocco fisiologico sono processi critici per la vita.

Il sistema di conduzione elettrica del cuore è fatto da cellule specializzate (**Figura 1-22**). Alcune di queste sono

specializzate nelle funzioni di stimolazione e alcune per la trasmissione degli impulsi che le attraversano. Scomporremo il sistema nei paragrafi successivi e descriveremo le funzioni di ogni parte in maggior dettaglio.

La funzione primaria del sistema è quella di creare un impulso elettrico e di trasmetterlo in maniera organizzata al resto del miocardio. Questo è un processo elettrochimico che crea energia elettrica che viene raccolta dagli elettrodi quando effettuiamo un elettrocardiogramma (maggiori informazioni nel capitolo 4, *Vettori e battito di base*).

Il sistema specializzato di conduzione è intrecciato con il tessuto del miocardio stesso, ed è riconoscibile solo da

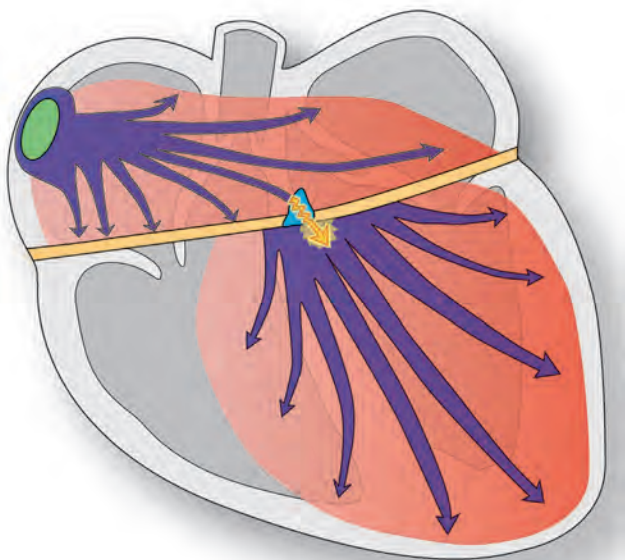


Figura 1-20 Il nodo AV rappresenta la sola comunicazione tra atri e ventricoli. Funziona come un guardiano per l'impulso elettrico.

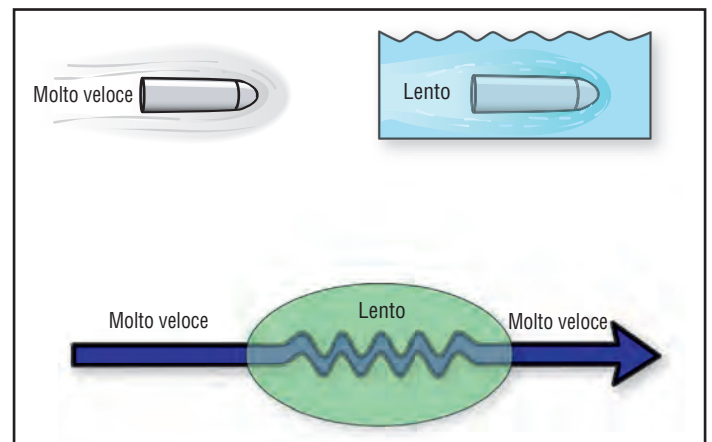


Figura 1-21 Come un proiettile viaggia più velocemente nell'aria piuttosto che nell'acqua, così l'impulso elettrico viaggia più velocemente nel sistema di conduzione specializzato e nel miocardio piuttosto che attraverso il nodo AV. Il nodo AV rallenta la conduzione dell'impulso, causando il blocco fisiologico.

alcune macchie al microscopio. Quindi, nel guardare alla **Figura 1-23**, tenete a mente che il sistema è effettivamente all'interno delle pareti del cuore. I miociti atriali sono innervati dal contatto diretto da una cellula all'altra; la prima cellula innerva la seconda, la seconda innerva la terza, e così via. La via internodale trasmette l'impulso dal nodo senoatriale (SA) al nodo AV. Il sistema di Purkinje circonda i ventricoli per intero, esattamente sotto l'endocardio, ed è la componente finale del sistema conduttivo. Le cellule di Purkinje innervano le cellule stesse del miocardio.

Funzione del pacemaker

Quale è la funzione del pacemaker del cuore, e perché ne abbiamo bisogno? Il pacemaker detta la velocità alla quale il cuore eseguirà ciclicamente la sua funzione di pompaggio per far circolare il sangue. Il pacemaker crea un battito organizzato di tutte le cellule cardiache, in sequenza specializzata, per produrre un'azione di pompaggio effettiva. Stabilisce il ritmo che tutte le cellule seguiranno. Consideriamo un'analogia.

Immaginate che ogni cellula del cuore rappresenti un singolo musicista. Quando abbiamo poche dozzine di questi musicisti, abbiamo un'orchestra – il cuore. Ora, se ogni musicista decidesse di suonare ogni qualvolta lei o lui voglia, creerebbero un guazzabuglio di suoni irricognoscibile. I musicisti hanno bisogno di un colpo o di un segnale che indichi loro quando iniziare a suonare, quando iniziare il brano e quando finire, e che coordini le loro azioni per creare una splendida melodia. Nella musica, il pacemaker è il ritmo sottostante tenuto dal batterista o dal direttore d'orchestra. Nelle sezioni più veloci, il battito aumenta. Nelle sezioni lente e soft, il battito diminuisce. La stessa cosa accade nel cuo-

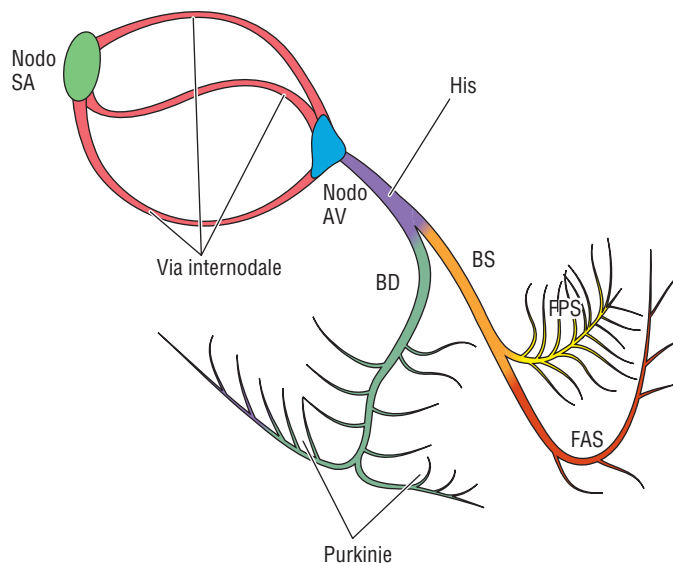


Figura 1-22 Il sistema di conduzione elettrica.

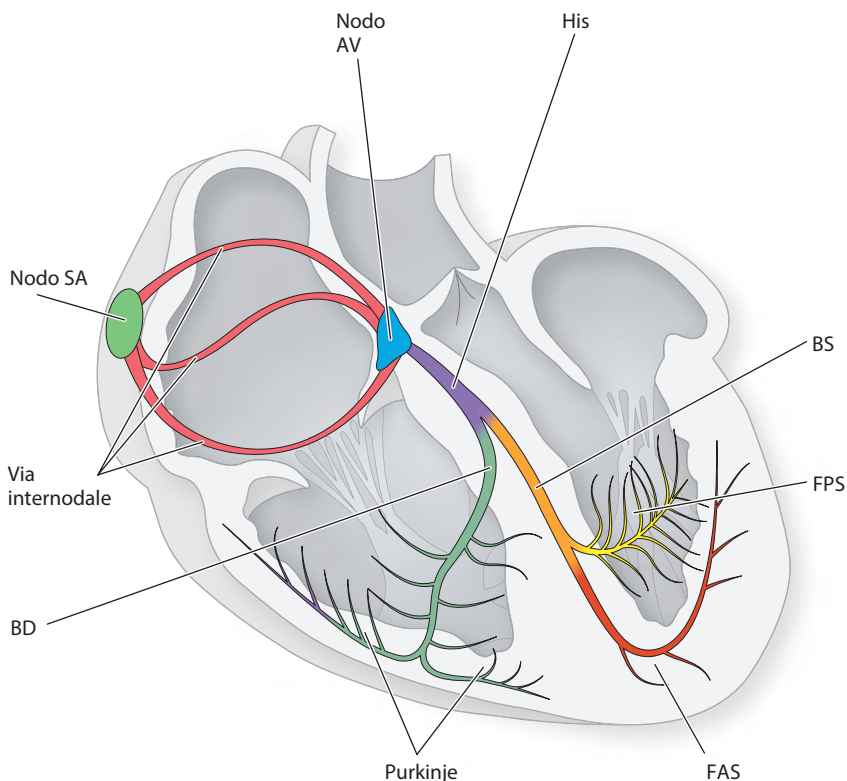


Figura 1-23 Il sistema di conduzione elettrica del cuore.

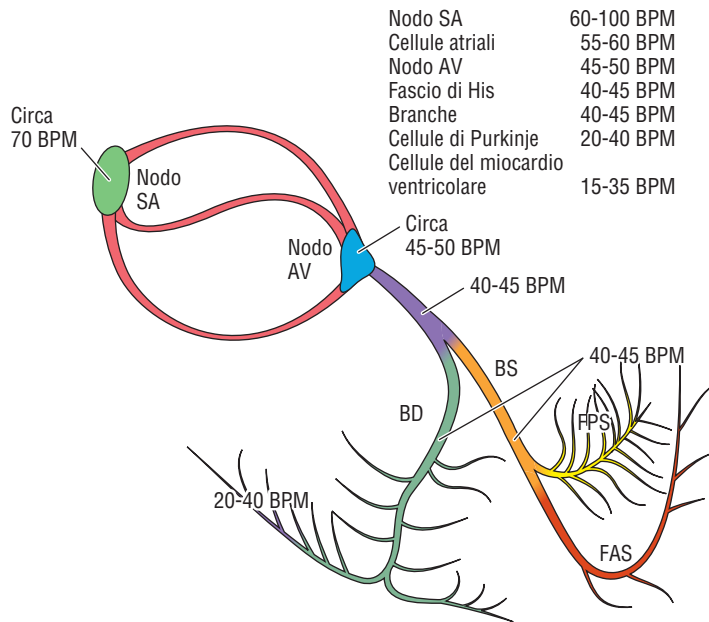


Figura 1-24 Frequenze intrinseche delle cellule di stimolazione.

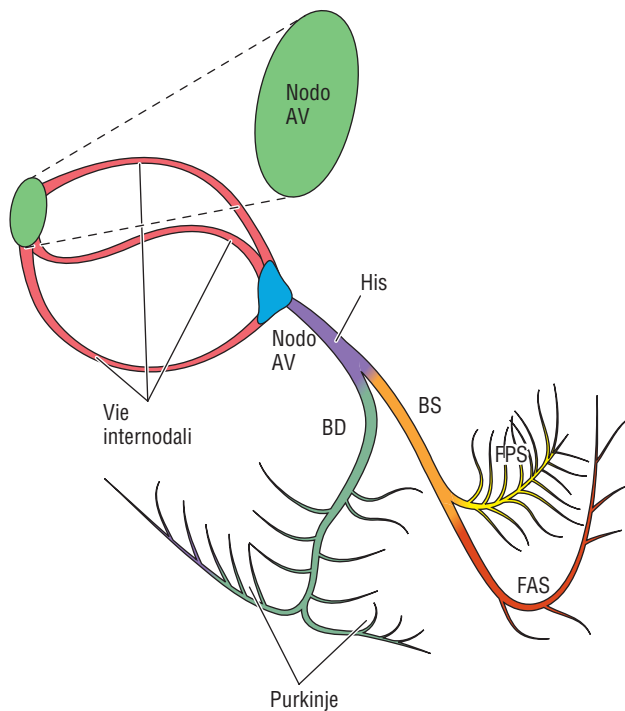


Figura 1-25 Nodo SA.

re; durante l'esercizio il ritmo accelera, durante il riposo rallenta.

Come abbiamo detto, ci sono cellule specializzate la cui funzione è di creare un impulso elettrico e di agire come il pacemaker del cuore. L'area principale che si occupa di questa funzione importante è il nodo SA, posizionato nel muscolo dell'atrio destro. Questa area risponde ai bisogni del corpo, sulla base delle informazioni che riceve dai sistemi nervoso, circolatorio ed endocrino. Il pacemaker più importante batte a una frequenza tra i 60 e i 100 battiti al minuto (BPM), con una media di 70.

Impostazioni del pacemaker

Una cosa che sappiamo del corpo è che tutto ha una riserva. Ogni cellula nel sistema conduttivo è in grado di stabilire il ritmo (Figura 1-24). Comunque, il ritmo intrinseco di ogni tipo di cellula è più basso di quello della cellula che la precede. Ciò significa che lo stimolatore più veloce è il nodo SA, il seguente più veloce è il nodo AV, e così via. Lo stimolatore più veloce stabilisce il ritmo perché permette a tutti i successivi di resettarsi dopo ogni battito.

In questo modo, i ritmi più lenti non si attiveranno mai. Se lo stimolatore più veloce non si attiva per qualsiasi motivo, il seguente più veloce sarà lì come una riserva per assicurare un funzionamento il più possibile vicino al normale.

Il nodo SA

Il nodo SA, il pacemaker cardiaco più importante, è posizionato nella parete dell'atrio destro al suo incrocio con la vena cava superiore (Figura 1-25). Il suo apporto di sangue arriva dall'arteria coronaria destra nel 59% dei casi.

Nel 38% l'apporto di sangue deriva dall'arteria coronaria sinistra, e nel restante 3% deriva da entrambe.

Le vie internodali

Esistono tre vie internodali: anteriore, media e posteriore (Figura 1-26). La loro funzione primaria è trasmettere l'impulso di stimolazione dal nodo SA al nodo AV. In aggiunta, c'è un piccolo tratto di cellule specializzate conosciuto come fascio di Bachman che trasmette gli impulsi attraverso il setto interatriale. Tutti questi percorsi si trovano nella parete dell'atrio destro e nel setto interatriale.

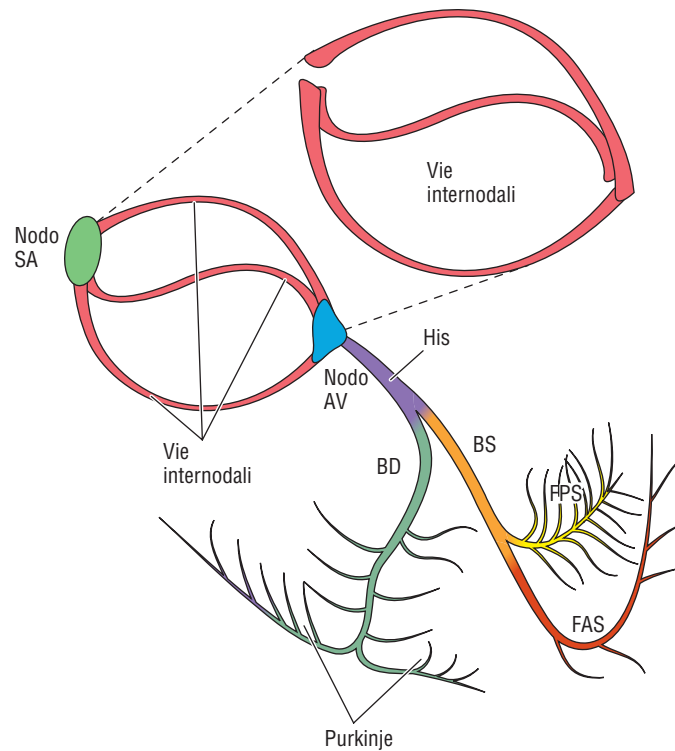


Figura 1-26 Vie internodali.

Il nodo AV

Il nodo AV si trova nella parete dell'atrio destro subito dopo l'apertura del seno coronarico, la vena più grande del cuore, e dopo la cuspidi settale della valvola tricuspidi (Figura 1-27). È responsabile del rallentamento della conduzione dagli atri ai ventricoli il tempo necessario per il verificarsi della contrazione atriale. Questo rallentamento permette agli atri di "riempire a pieno" i ventricoli e aiuta a mantenere la gittata cardiaca a un livello massimo. Il nodo AV è sempre irrorato dall'arteria coronaria destra.

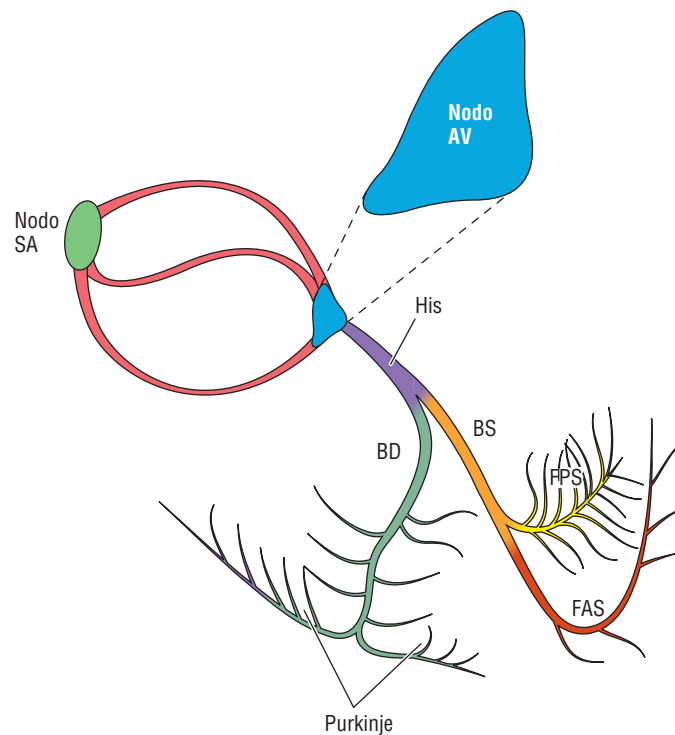


Figura 1-27 Nodo AV.

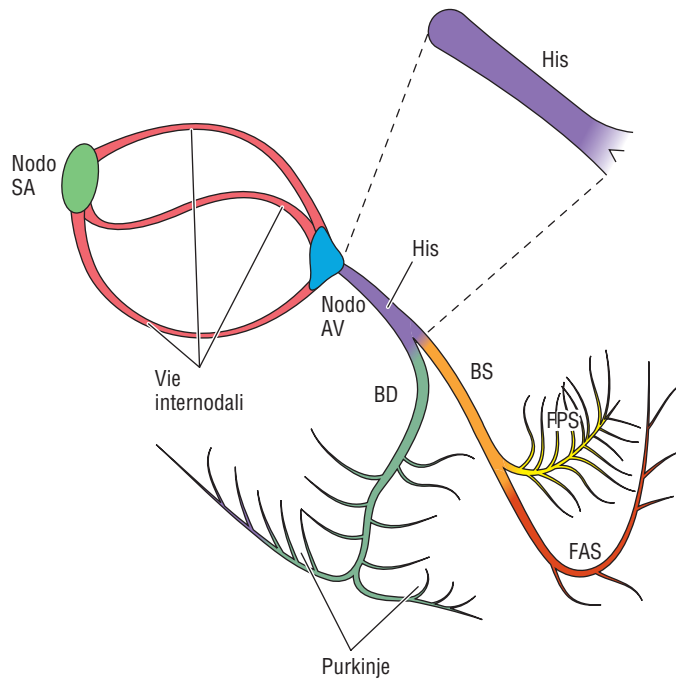


Figura 1-28 Fascio di His.

Il fascio di HIS

Il fascio di His inizia dal nodo AV e in seguito dà vita alle branche destra e sinistra (Figura 1-28). È posizionato parzialmente nelle pareti dell'atrio destro, e nel setto interventricolare. Il fascio di His è l'unica via di comunicazione tra gli atri e i ventricoli.

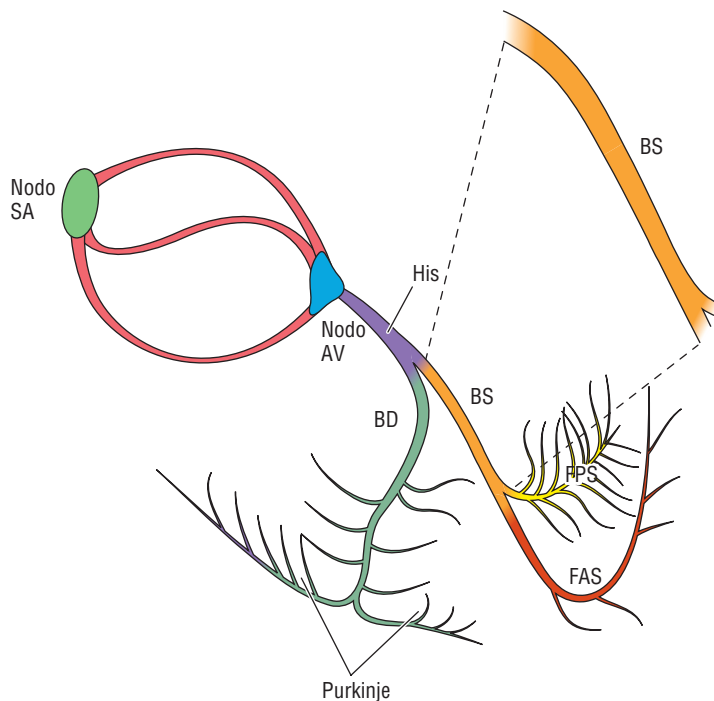


Figura 1-29 Branca sinistra.

La branca sinistra (BS)

La BS inizia alla fine del fascio di His e viaggia attraverso il setto interventricolare (Figura 1-29). Il fascio sinistro dà origine alle fibre che innervano il VS e il lato sinistro del setto interventricolare. Si connette innanzitutto a un piccolo gruppo di fibre che innervano il segmento superiore del setto interventricolare. Questa sarà la prima area da depolarizzare, il che significa che le cellule del cuore si attivano. Il fascio sinistro finisce con l'inizio del fascicolo anteriore sinistro (FAS) e del fascicolo posteriore sinistro (FPS).

La branca destra (BD)

La BD inizia dal fascio di His e dà vita alle fibre che innervano il VD e il lato destro del setto interventricolare (**Figura 1-30**). Termina nelle fibre di Purkinje associate ad esso.

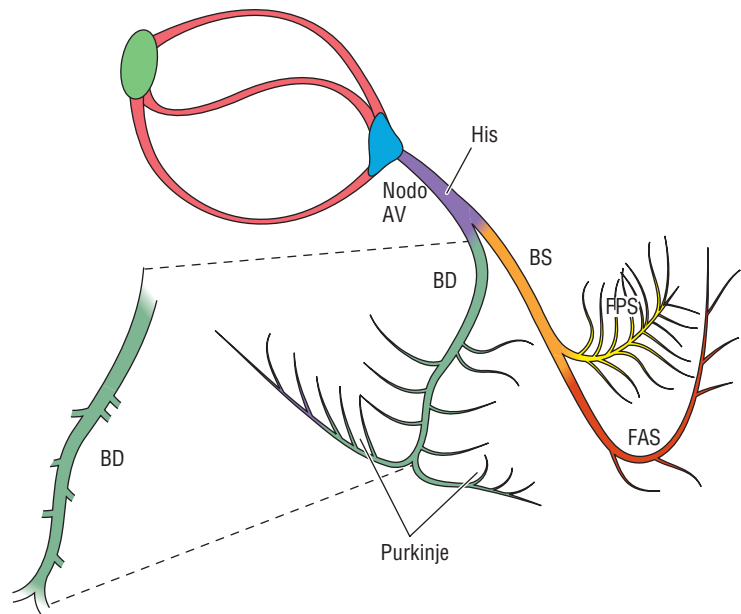


Figura 1-30 Branca destra.

Fascicolo anteriore sinistro (FAS)

Il FAS, conosciuto anche come fascicolo superiore anteriore sinistro, viaggia dal ventricolo sinistro alle cellule di Purkinje che innervano il lato anteriore e superiore del ventricolo sinistro (**Figura 1-31**). È un fascicolo a filamento singolo, diversamente da quello posteriore (FPS).

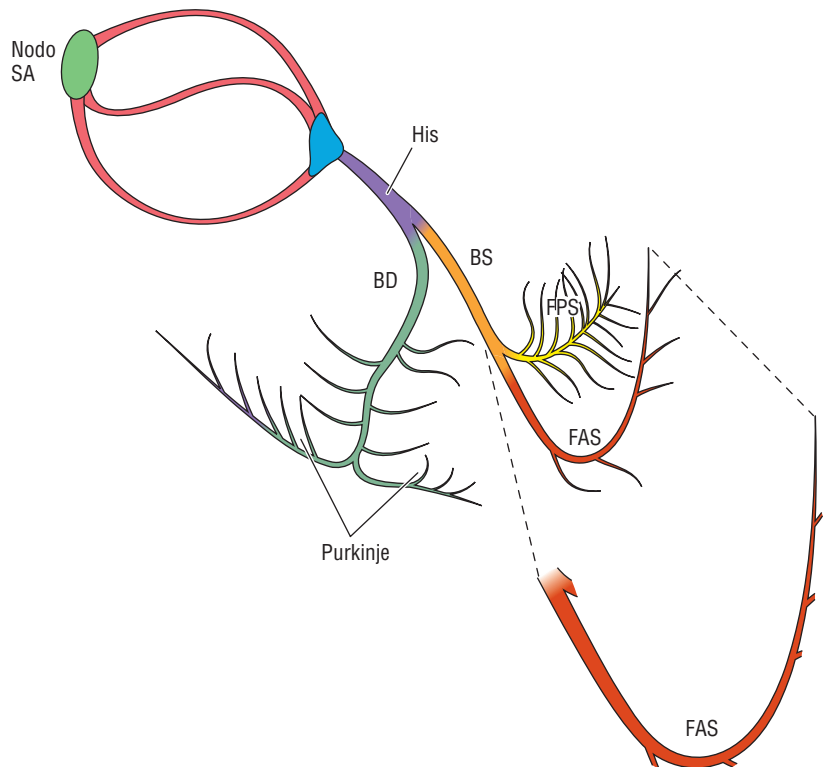


Figura 1-31 Fascicolo anteriore sinistro.

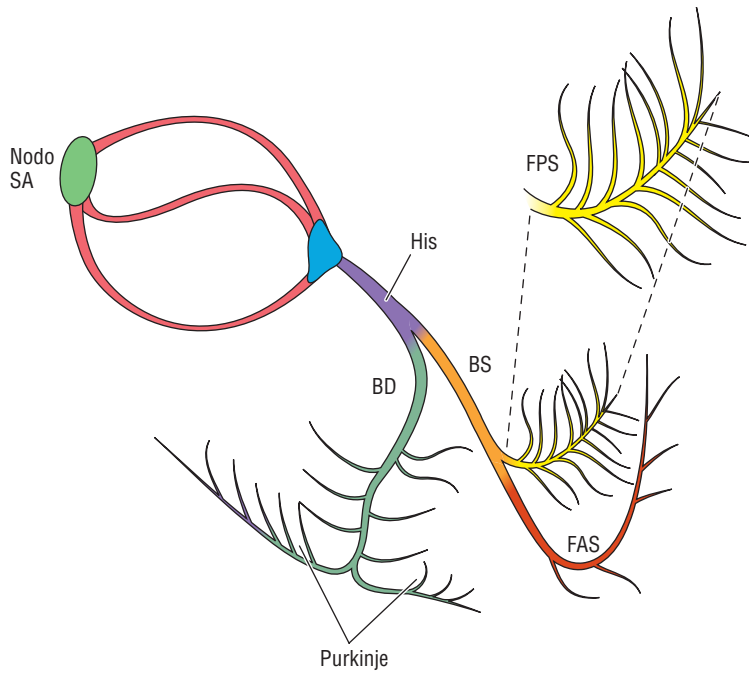


Figura 1-32 Fascicolo posteriore sinistro.

Fascicolo posteriore sinistro (FPS)

Il FPS è una struttura a ventaglio che fa sì che le cellule di Purkinje innervino i lati posteriore e inferiore del ventricolo sinistro (**Figura 1-32**). È davvero difficile bloccare questo fascicolo perché ha una struttura ramificata, piuttosto che essere un solo grande fascio.

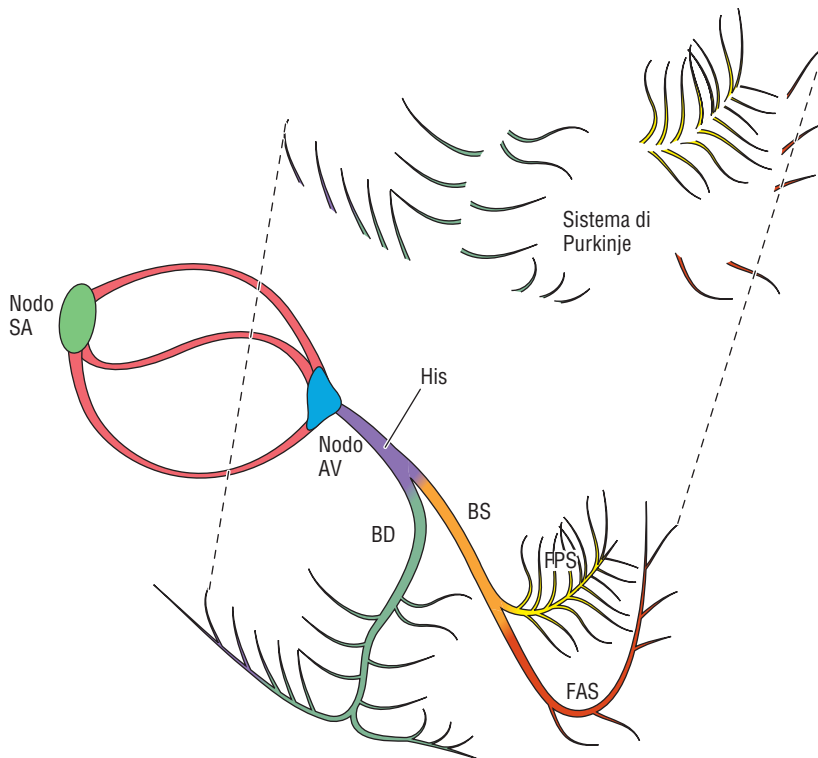


Figura 1-33 Sistema di Purkinje.

Il sistema di Purkinje

Il sistema di Purkinje è composto da cellule individuali poste subito sotto l'endocardio (**Figura 1-33**). Sono cellule che innervano direttamente le cellule del miocardio e iniziano il ciclo di depolarizzazione ventricolare. Quando si tratta di aritmie, l'anatomia del cuore è semplice. Dovete conoscere e capire accuratamente la conduzione elettrica e dovete sapere che esistono quattro zone aritmogene nel cuore (**Figura 1-34**):

1. Nodo SA (seno)
2. Atriale
3. Nodo AV (nodale)
4. Ventricolare

Le prime tre zone, il nodo SA, gli atri e il nodo AV possono essere classificate insieme come *sopraventricolari* poiché comprendono tutto ciò che è al di sopra dei ventricoli.

Sostanzialmente, tutte le aritmie che rivedremo in questo libro hanno la loro origine in una di queste quattro zone (Figura 1-35). Rivedremo ciascuna di queste aritmie in maniera più dettagliata nei capitoli individuali. Per ora, è solo importante capire il concetto di queste quattro zone. Nel capitolo 37, *Tachicardie a complessi larghi: mettere insieme tutti i pezzi*, rivedremo di nuovo questo concetto con un focus sulla diagnosi delle aritmie individuali.

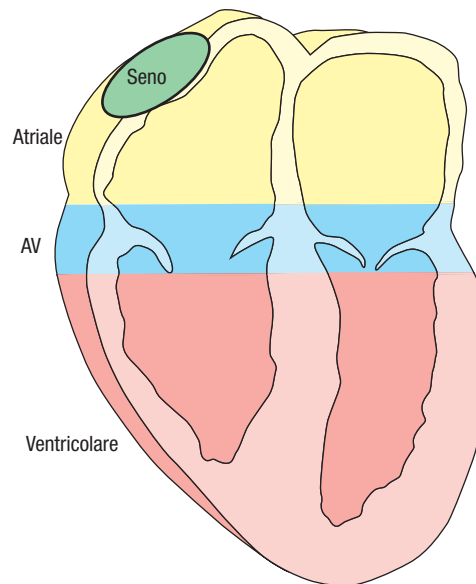


Figura 1-34 Le quattro zone aritmogeniche.

Seno	Atri	Nodali/Fasci	Ventricoli
Bradycardia sinusale	Atriale ectopico	Giunzionale/ scappamento giunzionale/ blocco AV di primo grado	Scappamento ventricolare/ idioventricolare/ idioventricolare accelerato
Ritmo sinusale normale	Atriale ectopico	Giunzionale accelerato/ blocco AV di primo grado	Idioventricolare accelerato
Tachicardia sinusale	Tachicardia atriale focale/ flutter atriale	Blocco AV di primo grado/ tachicardia giunzionale/ tachicardia da rientro nodale AV/ tachicardia da rientro AV	Tachicardia da rientro AV/tachicardia ventricolare/torsione di punta/ tachicardia ventricolare polimorfa/ fibrillazione ventricolare
Aritmia sinusale- battito prematuro	Flutter atriale	Battito prematuro giunzionale/ blocco AV di secondo grado/ blocco AV di terzo grado	Battito prematuro ventricolare
	Fibrillazione atriale/ pacemaker atriale migrante/ tachicardia atriale multifocale/ flutter atriale variabile		
	Tachicardia focale atriale con blocco del flutter atriale	Blocco AV di secondo grado/ blocco AV di terzo grado	
Blocco SA Arresto/pausa SA	Fibrillazione atriale	Giunzionale/scappamento giunzionale/giunzionale accelerato/ tachicardia giunzionale/ tachicardia da rientro nodale AV/ tachicardia da rientro AV	Asistolia/scappamento ventricolare/idioventricolare/ idioventricolare accelerato/ tachicardia ventricolare/ torsione di punta/ tachicardia ventricolare polimorfa/ fibrillazione ventricolare

Figura 1-35 Il ritmo cardiaco basato sulle quattro zone aritmogeniche.

Ripasso del capitolo

1. Visivamente, il ventricolo destro domina la vista anteriore del cuore. Vero o falso.
2. Il ventricolo destro pompa il sangue attraverso la circolazione periferica. Vero o falso.
3. Quale delle seguenti frasi è **sbagliata**:
 - A. Il sistema di conduzione elettrica del cuore è composto da cellule specializzate
 - B. Il sistema di conduzione è racchiuso nel tessuto del miocardio
 - C. Il sistema di conduzione è visibile al microscopio senza particolari colorazioni
 - D. Le vie internodali trasmettono l'impulso tra il nodo SA e il nodo AV

Collegate correttamente ciò che segue:

- | | |
|--------------------------------|----------------------|
| 4. _____ nodo SA | A. 40-45 BPM |
| 5. _____ cellule atriali | B. 30-35 BPM |
| 6. _____ nodo AV | C. 60-100 BPM |
| 7. _____ fascio di His | D. 35-40 BPM |
| 8. _____ cellule di Purkinje | E. 55-60 BPM |
| 9. _____ cellule del miocardio | F. 45-50 BPM |
10. Il nodo AV è sempre fornito da:
 - A. L'arteria discendente anteriore sinistra
 - B. L'arteria discendente posteriore
 - C. L'arteria coronaria destra
 - D. L'arteria circonflessa sinistra
 - E. Il primo ramo diagonale