

Controllo estirnesco

Regolazione CARDIACA

Controllo intrinseco

Legge di FRICK-STEARLING

Il miocardio viene a capo del riempimento; più alta sarà la forza di contrazione, più alta sarà la pressione sviluppata

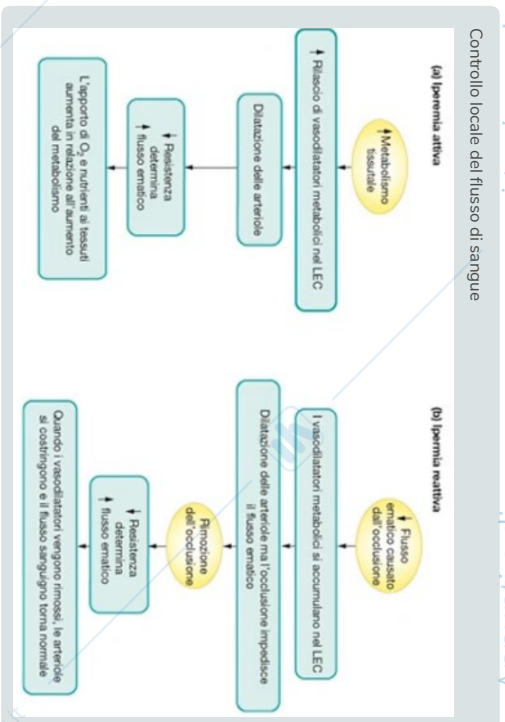
c'è la curva tensione-lunghezza del singolo sarcomero e del muscolo papillare e cardiaco. Il volume telediastolico ventricolare regola il grado di s'amento dei sarcomeri prima della contrazione; maggiore è il volume telediastolico, di energia del muscolo; schiettivo; questo legge è in un'area di energia dei ventricoli anche per piccole distensioni ventricolari e c'è è dovuto al fa o che la componente elastica è già avuta da piccoli volumi elastostatici; mentre nel muscolo scheletrico è presente solo l'elasticità che genera massima forza

www.unidocs.it

www.unidocs.it

www.unidocs.it

www.unidocs.it



**Iperemia attiva**

L'incremento nel metabolismo locale porta le cellule a "divorare" i nutrienti del liquido tissutale in modo rapido e anche a rilasciare grandi quantità di sostanze vasodilatatrici. Come risultato si ha una dilatazione dei vasi locali e pertanto un incremento locale del flusso. In questo modo, il tessuto attivo riceve un maggior apporto dei nutrienti necessari per sostenere il suo nuovo livello funzionale.

**Iperemia reattiva**

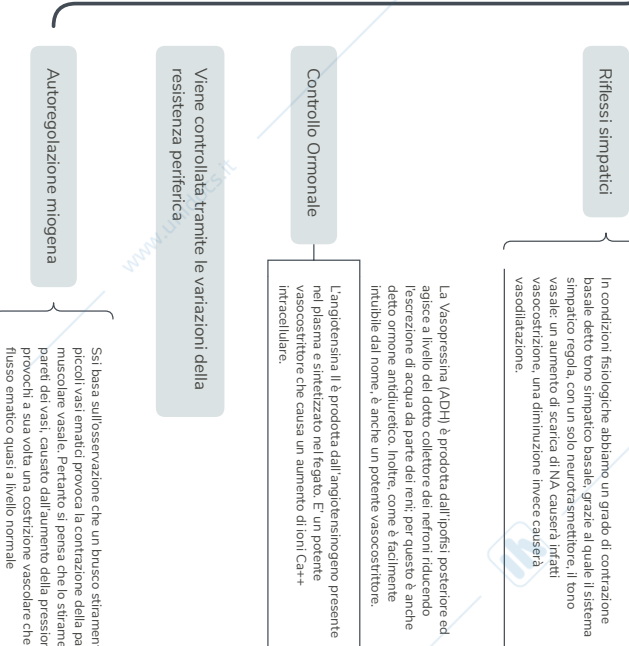
Quando l'apporto ematico al tessuto viene bloccato per un certo periodo, da pochi secondi fino a parecchie ore, e successivamente viene ripristinato, il flusso attraverso il tessuto aumenta da 4 a 7 volte rispetto alla norma. La mancanza di flusso attiva tutti i fattori che causano la vasodilatazione. Dopo brevi periodi di occlusione vascolare, il flusso di sangue in eccesso della fase di iperemia reattiva perdura abbastanza a lungo da compensare in maniera quasi completa la mancanza di ossigeno di cui i tessuti hanno sofferto durante il periodo di occlusione.

**I RECEPTORI ALFA1 E BETA-2 ADRENERGICI**

Alcuni tessuti muscolari lisci vasali possiedono dei recettori adrenergici di tipo alfa-1 e di tipo beta-2 che hanno bassa affinità per la NA, ma alta affinità per l'adrenalina; se questa si lega ad un recettore alfa-1, causerà vasocostrizione, al contrario se si legherà ad un recettore beta-2, causerà vasodilatazione. Tuttavia questi recettori non sono disposti uniformemente nell'organismo, ed il tipo di recettore presente in concentrazione superiore determinerà l'effetto dell'adrenalina.

Per comprendere facilmente come questi recettori siano collocati basta pensare alle risposte di attacco-e-fuga che il nostro organismo attua in casi di improvvisa necessità, infatti nel meccanismo di attacco e fuga occorrerà un maggior quantitativo di sangue nei muscoli scheletrici e nel cuore, mentre occorrerà un quantitativo inferiore a livello per esempio del tratto digerente. Dunque troveremo una maggior concentrazione di recettori beta-2 che causano vasodilatazione proprio in corrispondenza dei muscoli e del cuore; al contrario avremo una maggior concentrazione di recettori alfa-1 vasocostrittori nel tratto digerente.

**Controllo**



# Sistema arterioso

Conduce il sangue a tutti gli organi

Preserva la pressione arteriosa

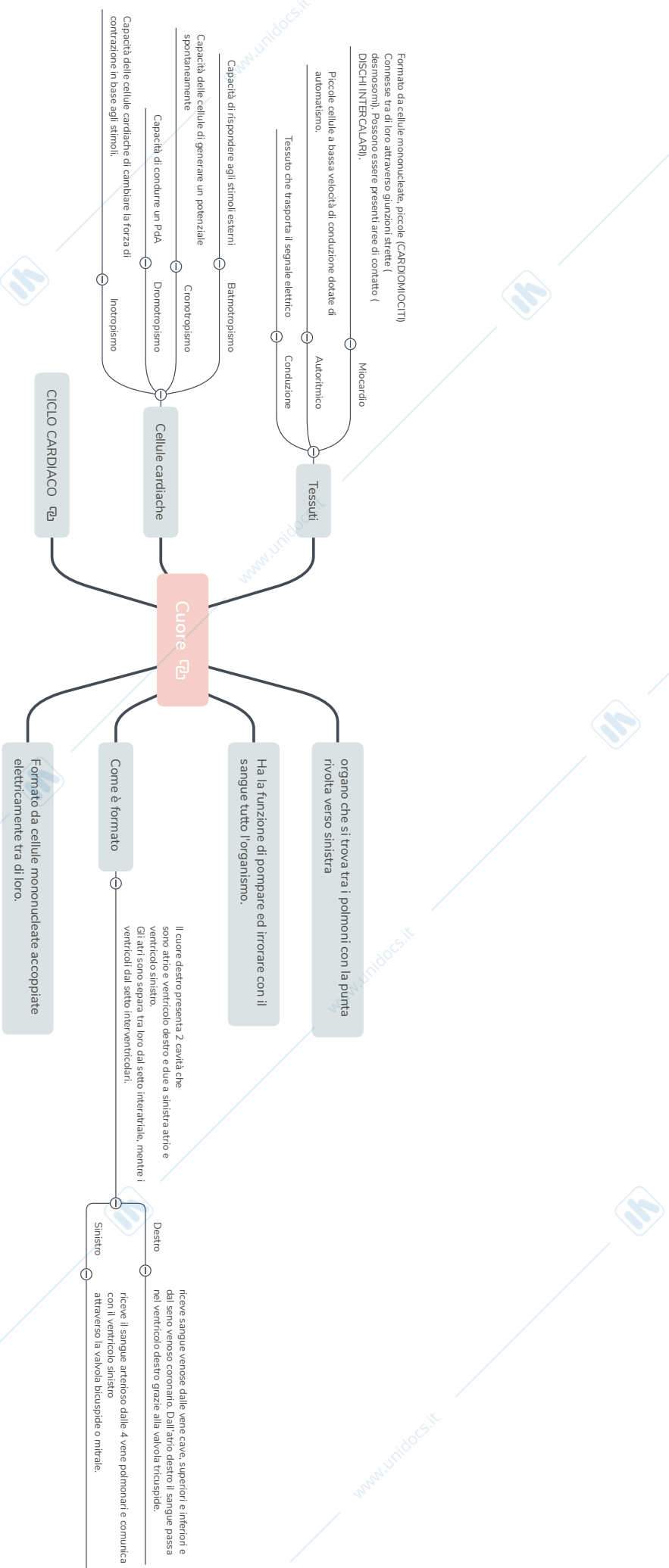
5

L'aorta e le arterie sono caratterizzate da pareti compatte e dotate di elasticità, posseggono spessi strati di muscolo liscio con abbondante tessuto elastico e fibroso. Il tessuto fibroso fornisce una rigidità alle pareti che rende necessaria la presenza di energia. Questa energia deriva dall'elezione rapida del sangue che fuoriesce dal ventricolo sinistro ad alta pressione. Quando l'arteria viene distesa dal sangue durante la sistole, l'energia viene accumulata dall'allungamento delle fibre elastiche per poi venire rilasciata tramite il ritorno elastico durante la diastole.

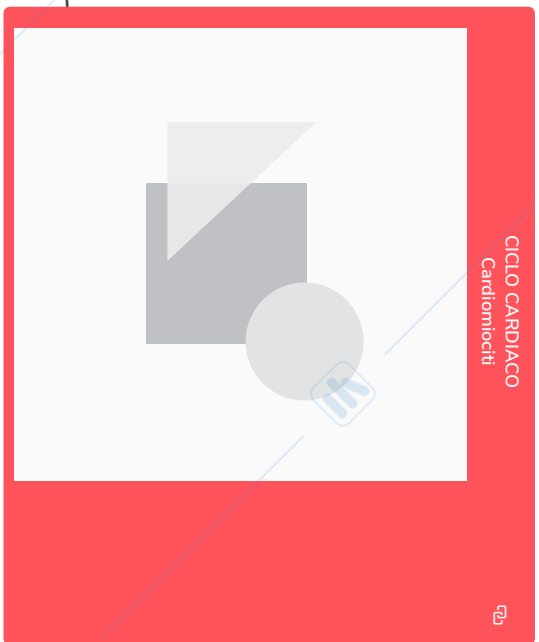
La compliance o capacità, è la grandezza che esprime la capacità che hanno i vasi sanguigni di dilatarsi elasticamente sotto l'effetto di una pressione sanguigna crescente, per poi restringersi restituendo il volume di sangue accumulato sotto l'effetto di una pressione sanguigna decrescente. La compliance o capacità, è la grandezza che esprime la capacità che hanno i vasi sanguigni di dilatarsi elasticamente sotto l'effetto di una pressione sanguigna crescente, per poi restringersi restituendo il volume di sangue accumulato sotto l'effetto di una pressione sanguigna decrescente.

$$compliance = \Delta V / \Delta P$$

La velocità di diffusione non è uguale per tutti i tessuti. Per questo, l'elasticità delle arterie riesce a smorzare tutte le fluttuazioni facendo sì che il sangue scorra in maniera continua



### CICLO CARDIACO Cardiomiociti



Periodo che si interrompe tra la fine di una contrazione e la fine di quella successiva

NO SOMMAZIONE E TETANO

Il battito non subverrebbe il livello del miocardio perché il periodo refrattario assoluto e la contrazione terminano quasi contemporaneamente.

**EXTRASISTOLE**  
Il PA generato durante il periodo di refrattarietà relativa è detto extrasistole ed è di minore ampiezza e la sistole sviluppa una forza minore. Infatti, i cardiomiociti essendo ancora depolarizzati, hanno una parte di canali per il Na<sup>+</sup> ancora inattivi, quindi il loro potenziale di azione manca della fase rapida di depolarizzazione e diventa simile al PA generato nelle cellule pacemaker. Inoltre, poiché una frazione dei canali del Ca<sup>2+</sup> di tipo L sono ancora inattivi, meno ioni Ca<sup>2+</sup> entrano nei cardiomiociti e lo sviluppo della forza contrattile è minore

Fase 0: Le cellule contrattili si trovano nel loro stato di riposo

Fase 0-1: Arriva un onda depolarizzante che si diffonde attraverso le giunzioni comunicanti. I canali del Sodio Na<sup>+</sup> voltaggio dipendenti si aprono.

La cellula si depolarizza e arriva ad un valore di circa +20 mV. A tale valore, i canali del sodio si chiudono

Fase 1: si assiste ad una breve ripolarizzazione in seguito all'attivazione di alcuni canali per il K<sup>+</sup> che sono detti transienti che determinano una corrente transitoria diretta verso l'esterno di ioni K<sup>+</sup> spinti dal gradiente elettrochimico. La ripolarizzazione della fase 1 non è completa, cioè non riporta il potenziale di membrana al suo valore di riposo, ma rimane relativamente costante intorno a 0 mV o decresce molto lentamente.

Fase 2: Si attivano a questo punto dei canali del calcio che determinano un ingresso in cellula di ioni Ca<sup>2+</sup>. Questo ingresso di cariche positive in cellula viene controbilanciato dalla fuoriuscita di una uguale quantità di cariche positive portate dal K<sup>+</sup>.

Nei tessuti cardiaci sono stati identificati diversi canali per il calcio ma i principali sono i canali di tipo L (lungo-lasting) che si inattivano molto lentamente e quindi la corrente che attraversa questi canali è di lunga durata. L'uscita di K<sup>+</sup> è minima in quanto la conduttanza dei principali canali del K<sup>+</sup> è notevolmente inferiore quando il potenziale di membrana è positivo. Questa dipendenza della conduttanza dalla polarità della membrana viene definita rettificazione che protegge la cellula da una perdita eccessiva di K<sup>+</sup> durante il plateau.

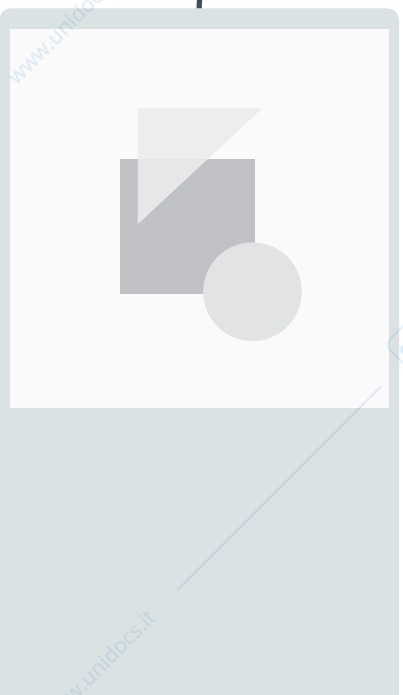
FASE 3: Il processo di ripolarizzazione inizia quando la fuoriuscita di K<sup>+</sup> dalla cellula cardica incomincia a superare l'ingresso di Ca<sup>2+</sup>.

Aumenta la conduttanza della membrana al K<sup>+</sup> e c'è una riduzione della conduttanza al calcio. L'aumento della conduttanza al K<sup>+</sup> si verifica grazie all'azione di almeno tre canali diversi del K<sup>+</sup>. Prima di tutto quando la ripolarizzazione fa assumere alla membrana potenziali più negativi la conduttanza dei canali al K<sup>+</sup> aumenta e di conseguenza si assiste ad una ripolarizzazione rapida del potenziale di membrana

Fase 4: l'ingresso di Na<sup>+</sup> entra rapidamente in cellula durante la fase 0 e più lentamente per il resto del ciclo cardiaco, viene eliminato dall'attività della pompa Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATPase. La energia necessaria per la cellula durante la fase 2 viene eliminata dallo scambiatore Na<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup>

## CICLO CARDIACO Pacemaker cellule nodali

Cellule nodali



**FASE 0:** Le cellule autoritmiche possiedono canali diversi rispetto a quelli presenti negli altri tessuti eccitabili. Quando il potenziale di membrana della cellula eccitabile è a -60 mV, sono aperti dei canali che sono permeabili sia al  $K^+$  che al  $Na^+$ . Questi canali sono detti If, f sta per "funny".

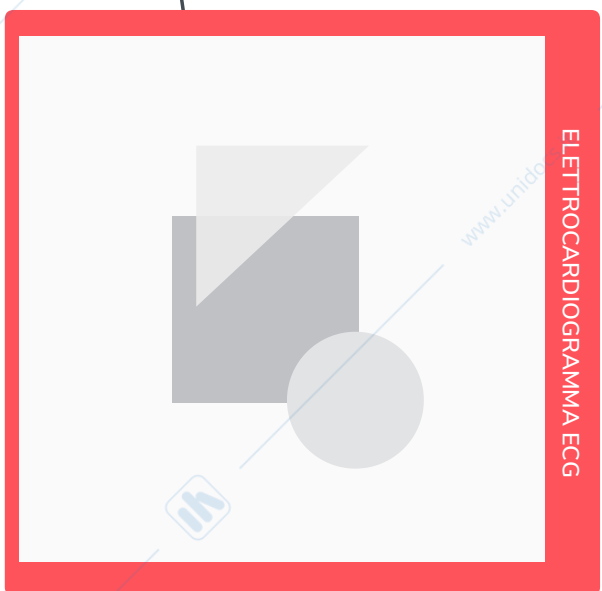
A potenziali di membrana negativi i canali If si aprono e l'ingresso di  $Na^+$  supera l'uscita di  $K^+$  perché il  $Na^+$  è spinto da un gradiente di potenziale elettrochimico maggiore. Quindi l'ingresso netto di cariche positive depolarizza lentamente le cellule autoritmiche.



**Fase 1:** Man mano che il potenziale di membrana diventa più positivo i canali If gradualmente si chiudono e alcuni canali per il  $Ca^{2+}$  DI TIPO T si aprono. Il successivo ingresso di  $Ca^{2+}$  continua a depolarizzare la cellula e il potenziale di membrana si sposta gradualmente verso il valore soglia.

**Fase 2:** Quando il valore soglia viene raggiunto, altri canali del  $Ca^{2+}$  si aprono, canali di tipo L, più lenti rispetto ai canali del  $Ca^{2+}$  di tipo T, che si attivano intorno a -40 mV. Gli ioni calcio irrompono nella cellula determinando la fase di depolarizzazione rapida del potenziale di membrana.

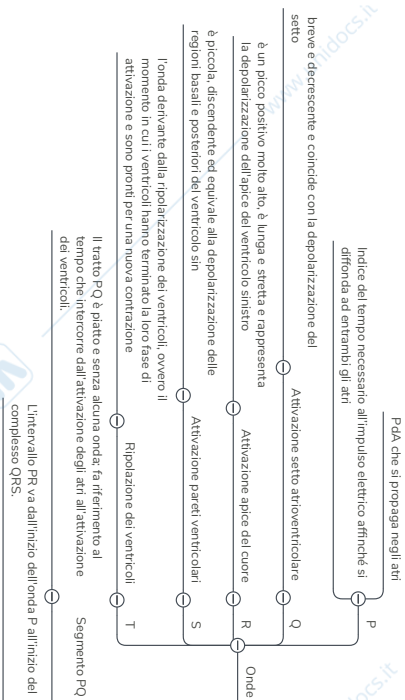
**Fase 3:** Al picco del potenziale d'azione, i canali del  $Ca^{2+}$  si chiudono mentre si aprono i canali lenti del  $K^+$ . La fase di ripolarizzazione del potenziale d'azione è dovuta alla conseguente uscita di ioni  $K^+$ . Questa fase è simile alla ripolarizzazione che si verifica in altri tipi di cellule eccitabili.



Mostra l'attività elettrica generata dal cuore

La conduzione dei potenziali d'azione attraverso il miocardio durante il ciclo cardiaco produce delle correnti elettriche che possono essere misurate alla superficie del corpo. La registrazione di queste correnti elettriche è ottenuta ponendo degli elettrodi metallici a livello dei polsi e delle caviglie o sul torace, formando il Triangolo di Einthoven.

Composto da onde, intervalli e segmenti





Argomento centrale

# Rapporto eccitazione e contrazione

Un PdA raggiunge la cellula e si diffonde



Si aprono i canali del calcio lungo il sarcolemma e nei tubuli T.

Si aprono i canali del calcio del reticolo sarcoplasmatico

Entra il calcio nella cellula generando una scarica.

Più scariche di calcio generano un segnale del Calcio

Il calcio si lega alla troponina

**Contrazione**



SISTOLE

Il calcio non viene più rilasciato



IL calcio intracellulare diminuisce

Il calcio si stacca dalla troponina

**Rilassamento**



Diastole

## Fasi del ciclo cardiaco

Nel nodo SA nasce un PA che si propaga lungo gli atri e l'ECG evidenzia l'eccitazione degli atri dell'onda P. Gli atri si contraggono, aumenta la pressione atriale che spinge sangue dagli atri ai ventricoli determinando un piccolo aumento della pressione endoventricolare. PA viene condotto no al nodo AV e dal qui il PA si propaga lentamente per permette agli atri di contrarsi.

### Sistole atriale

appena il nodo AV va al fascio di His, il se o inizia a contrarsi, la pressione ventricolare sale rapidamente e supera quella atriale provocando la chiusura delle valvole AV. A questa chiusura si sente un rumore chiamato primo tono. Fino a quando la pressione ventricolare supera quella aortica determinando l'apertura delle valvole semilunari, il ventricolo si contrare e comprime il sangue contenuto nella cavità chiusa; da qui non si hanno variazioni di volume ventricolare e per cui viene chiamato sistole isovolumetrica

### Sistole Ventricolare Isovolumetrica

una volta che si sono aperte le valvole semilunari a circa 89 mmHg, si avrà l'eiezione ventricolare in cui ci sarà una riduzione del volume ventricolare e un aumento della pressione aortica. L'eiezione si divide in eiezione rapida e eiezione lenta. Durante l'eiezione ventricolare, la pressione ventricolare e aortica hanno valori più o meno simili intorno a 120 mmHg. La pressione ventricolare è leggermente maggiore di quella aortica nella fase di eiezione rapida, mentre quella aortica è maggiore di quella ventricolare nella eiezione lenta.

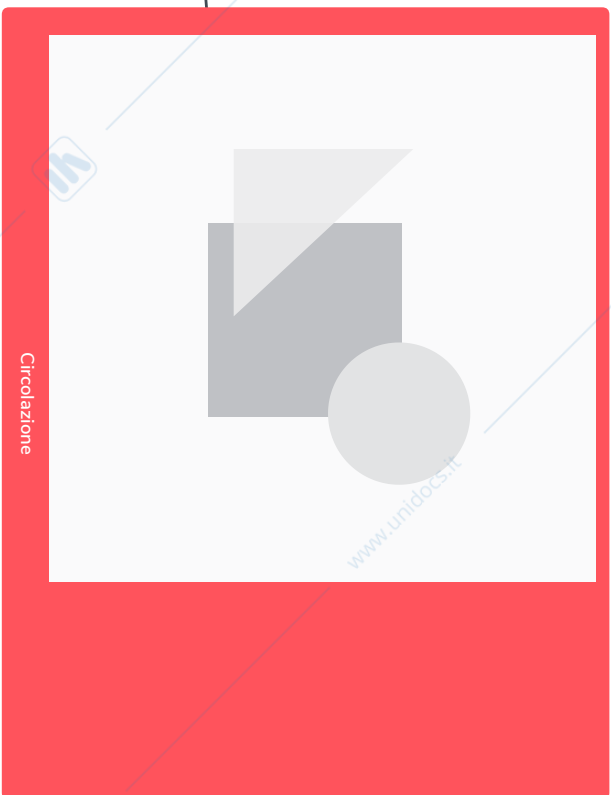
### Sistole Ventricolare con Eiezione

inizia con la chiusura delle valvole semilunari e ciò avviene quando la pressione aortica supera la pressione ventricolare ed è il movimento di ritorno del sangue verso il ventricolo che causa la chiusura della valvole semilunare che così impedisce il reflusso di sangue dall'aorta al ventricolo. L'aorta si comporta come un man ce arterioso, l'energia cinetica del sangue e il rilasciamento elastico dell'aorta dirigono il sangue anche in direzione retrograda, ovvero verso le valvole. Dopo la chiusura delle valvole semilunari, il ventricolo continua a rilasciarsi determinando una ulteriore caduta della pressione ventricolare e in questa fase, essendo la pressione aortica ancora maggiore di quella ventricolare, le valvole semilunari rimangono chiuse. Il rilasciamento si compie in una cavità chiusa a volume costante, per cui è detto isovolumetrico e questa fase continua a quando la pressione ventricolare diventa inferiore rispetto a quella atriale e si ha così l'apertura delle valvole AV e inizia la fase di riempimento rapido.

### Diastole

questa è la fase di riempimento lento, durante la quale il sangue proveniente dalle vene polmonari uisce nel ventricolo dopo essere passato a raverso l'atrio. Le pressioni atriali e ventricolari decorrono sempre in parallelo e salgono lentamente per raggiungere il valore al quale inizierà la sistole isovolumetrica successiva.

### Diastasi



Argomento principale 2

Il sistema vascolare prende il nome di sistema arterioso e comprende un numero elevatissimo di vasi.

divisa in

- Circolo polmonare
  - costituito dall'insieme di vasi polmonari e di quelli che connettono i polmoni al cuore.
- I vasi che connettono il cuore a tutti gli organi del corpo.

Circolo sistemico

il circolo sistemico ha la sua disposizione in parallelo in quanto il sangue non scorre da un organo ad un altro in sequenza ma raggiunge i vari organi attraverso le arterie che si diramano dall'arteria

$$Q_1 * v_1 = Q_2 * v_2$$

Legge di Lenzardo

La relazione di Lenzardo indica chiaramente che se la resistenza si raddoppia la velocità si dimezza mentre avviene l'opposto se la sezione si restringe.

A livello dell'arteria  
sezione molto piccola = velocità maggiore

A livello dei Capillari  
sezione maggiore = velocità minore

Legge che regola il movimento del sangue

Legge di Poiseuille

Si può riscrivere questa legge secondo la legge di Ohm dei circuiti elettrici dove la corrente (I) che attraversa una resistenza elettrica (R) è uguale al rapporto tra la differenza di potenziale V e R. Sostituiamo che  $Q = QPR$  dove R esprime secondo la legge  $R = 8\eta l/r^4$ .

$Q =$  Velocità di PR  $R = 8\eta l/r^4$

$$F = (\pi * \Delta P r^4) / 8\eta l$$

La pressione arteriosa può essere misurata direttamente

soltanto attraverso l'introduzione di un trasduttore di pressione a livello dell'aorta. Comunemente la pressione arteriosa viene misurata indirettamente mediante un mezzo di sfigmomanometro costituito da un manico o gonfiabile e da un misuratore di pressione. Il manico o è posto nella parte superiore del braccio all'altezza dell'arteria brachiale e viene gonfiato no a raggiungere una pressione superiore alla pressione sistolica dell'arteria. In queste condizioni viene bloccato il flusso di sangue verso la parte inferiore del braccio e se si appoggia uno stetoscopio sulla cute sopra l'arteria brachiale, non si percepisce alcun rumore associato al flusso di sangue.

La pressione del manico o poi viene abbassata lentamente a una velocità di 2-3 mmHg aprendo una valvola di de flusso nel bulbo di gonfiaggio. Quando la pressione del manico o scende al di so o della pressione sistolica, il sangue inizia nuovamente a defluire e si iniziano a sentire piccoli rumori dovuti al flusso del sangue che genera vibrazioni contro l'arteria che risulta essere ancora compressa. Questi toni si chiamano toni di Korotko e la pressione alla quale si sente il primo tono è la pressione arteriosa. Man mano che la pressione del manico o viene rido a, una quantità maggiore di sangue passa nell'arteria e i rumori di Korotko diventano sempre più intensi no a ridursi quando si avvicinano alla pressione diastolica. Infatti è qui che scompaiono i rumori. Il valore della pressione viene di solito considerato normale se mediamente la pressione massima è 120 mmHg e la minima è 80 mmHg, per valori ripetuti di massima superiori a 140 mmHg e minimi superiori a 90 mmHg si avrà una ipertensione.

# Preserva la pressione arteriosa

Come si misura

- Controlli Rapidi
- Barocettori
- Mechanismo di ischemia del SNC
- Chemiorocettori
- Insieme causano: aumento del ritorno venoso, della frequenza cardiaca, aumento delle resistenze periferiche
- controlli intermedi
- Controlli a lungo tempo (Controllo renale - da ore a giorni)
- Aldosterone
- Sistema RA ed interazione con Aldosterone

Controllo

La pressione generata dalla contrazione ventricolare costituisce la forza propulsiva che spinge il sangue attraverso i vasi del sistema cardiovascolare

Valore massimo= 120 mmHg

Pressione sistolica

Valore minimo= 80 mmHg

Pressione diastolica

Il rapido incremento pressorio che si verifica quando il sangue viene spinto dal ventricolo sinistro dentro l'aorta può essere percepito come un'onda pressoria, chiamata onda stigmica o polso, che viene trasmessa lungo le arterie con una velocità superiore di 10 volte rispetto alla velocità del sangue. Il polso pressorio è dato dalla pressione sistolica meno la pressione diastolica

Pressione arteriosa media

