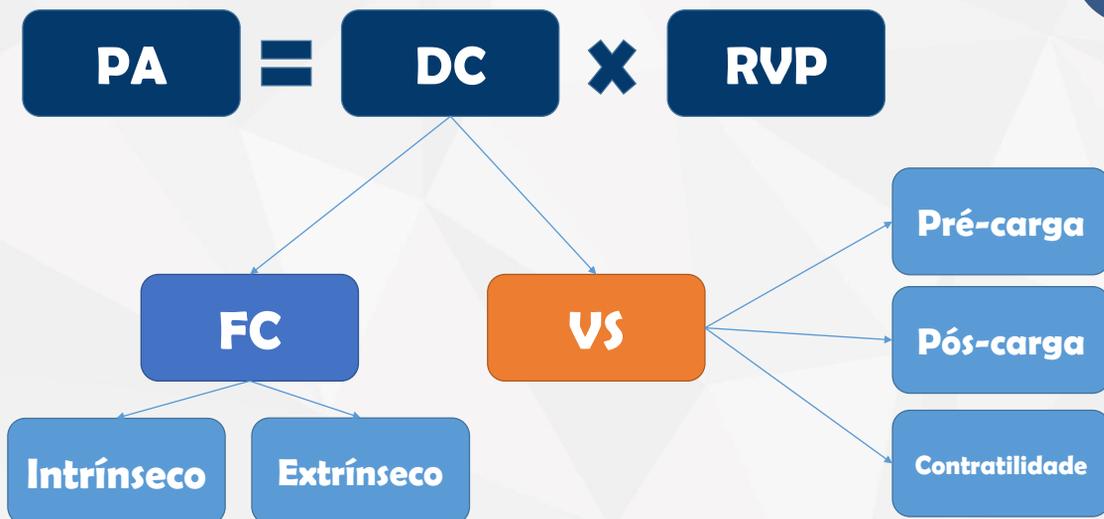


CONTRATILIDADE

Slide-guia



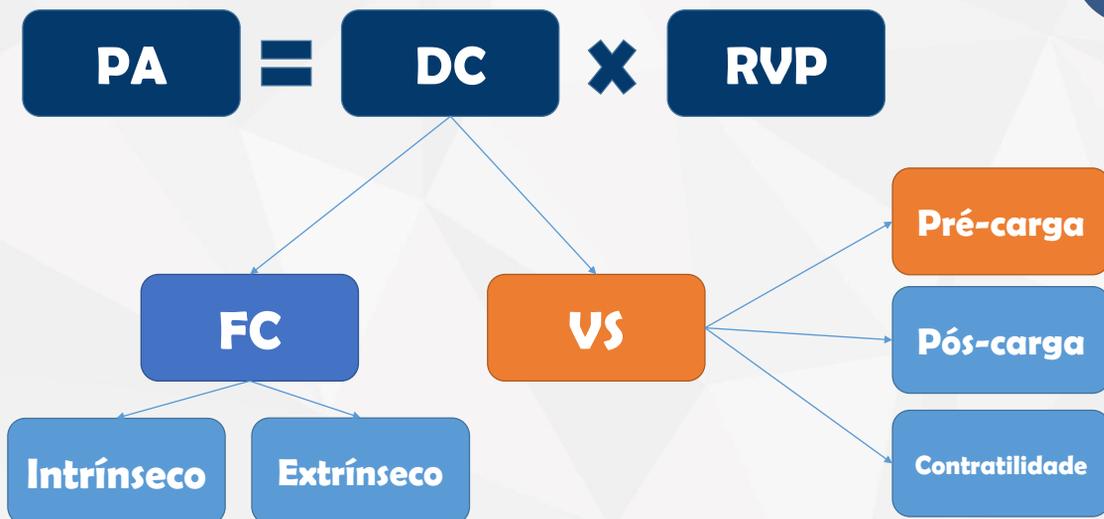
Volume sistólico (VS)



- Pré carga
 - Bomba muscular
 - Venocunstricção
- Contratilidade
 - Simpático
 - Mecanismos de Frank-Starling
- Pós carga
 - Resistência vascular periférica

O volume sistólico é fortemente influenciado pelo retorno venoso ou volume diastólico final. Quanto maior o volume de sangue no interior dos ventrículos no fim da diástole, maior é a força de contração ventricular e, conseqüentemente, maior é o volume sistólico. O aumento do volume diastólico final provoca alongamento das fibras musculares cardíacas, aumentando a força de contração de maneira similar àquela verificada no músculo estriado esquelético. Essa relação é conhecida como lei de Frank-Starling em homenagem aos pesquisadores que observaram e descreveram o fenômeno. O volume sistólico também é influenciado pela pressão aórtica que representa uma barreira à ejeção do sangue. Há uma relação inversamente proporcional entre o volume sistólico e a pressão aórtica. A ejeção do sangue pode ser facilitada (quando a pressão aórtica é bem menor do que a pressão ventricular) ou dificultada (quando a pressão aórtica está elevada, mas não maior do que a pressão ventricular).

Slide-guia



PRÉ-CARGA: bomba muscular

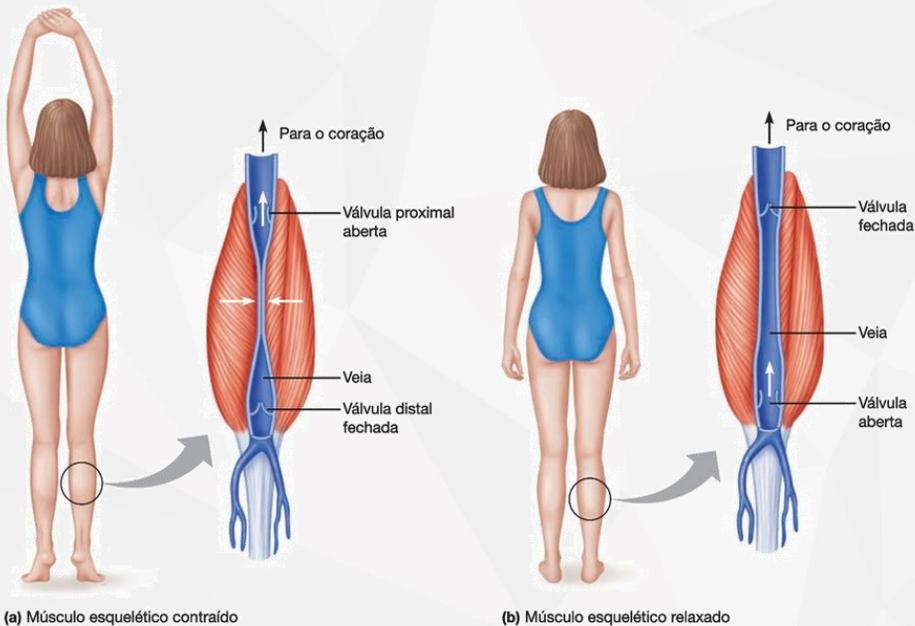
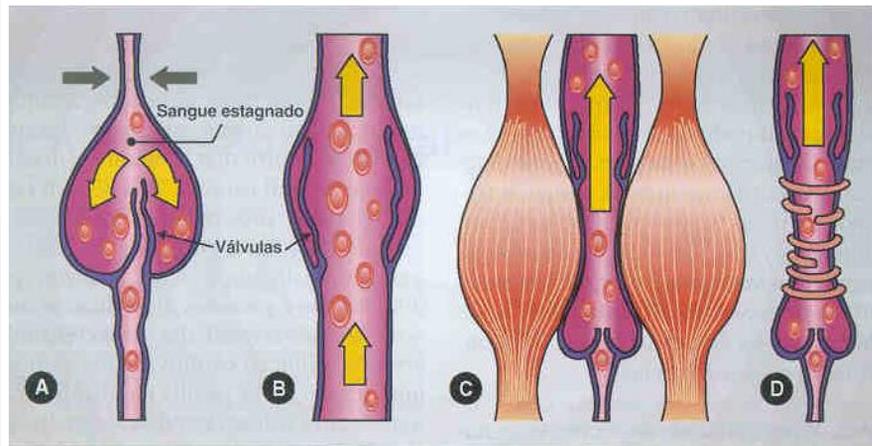


Figura 14.22. Bomba muscular esquelética. (a) Quando um músculo se contrai, ele pressiona as veias, impulsionando o sangue em direção ao coração (esquerda). (b) Quando o músculo relaxa, o refluxo é evitado pelo fechamento de válvulas unidirecionais nas veias.

PRÉ-CARGA: venoconstricção

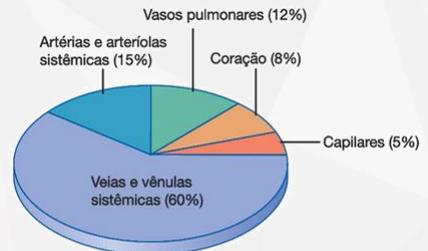
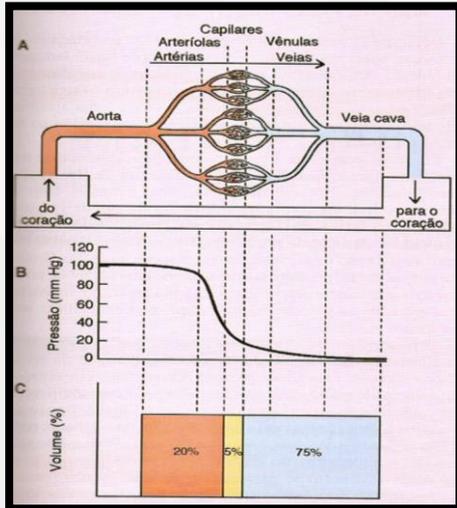
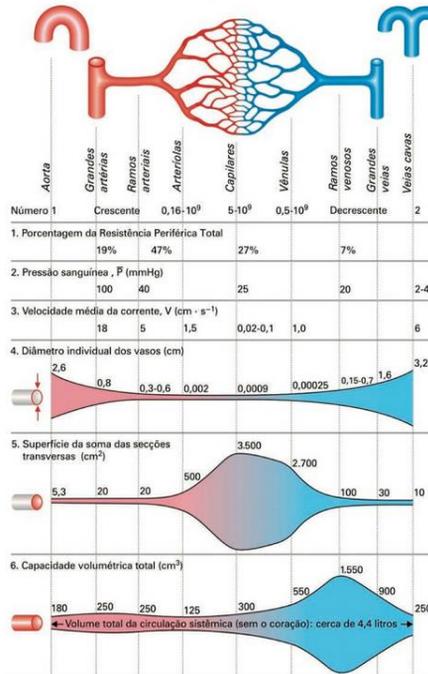
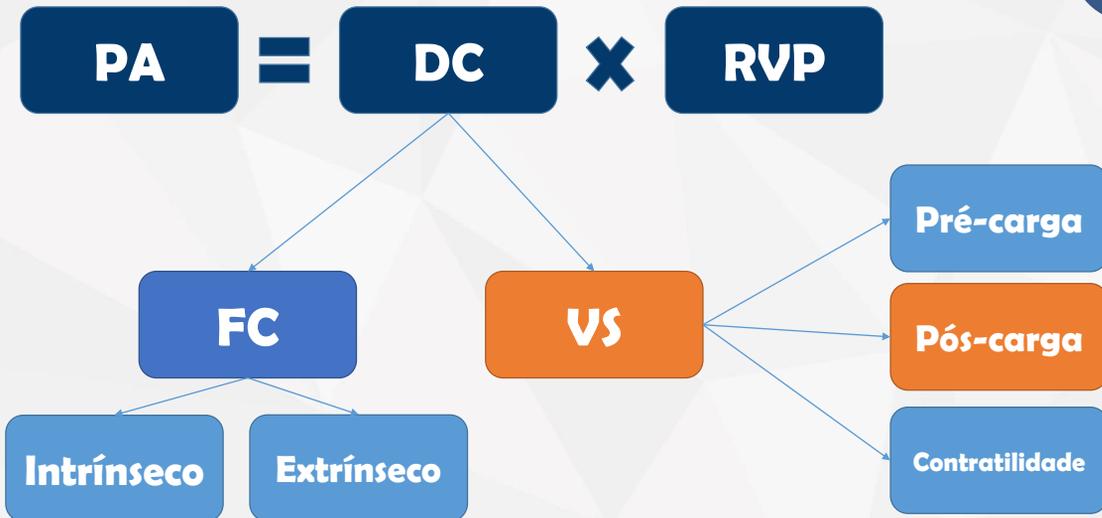


Figura 14.21. Distribuição do volume de sangue nas diversas partes do sistema circulatório. As porcentagens indicam proporções do volume total de sangue.

Propriedades dos segmentos vasculares



Slide-guia



PÓS-CARGA: Relação entre DC e RVP



1. **Relação entre o débito cardíaco e a resistência periférica.** Dentro de determinados limites o débito cardíaco é independente da resistência periférica. O coração age como uma bomba de volume constante e não como uma bomba de pressão constante. Até que um limite seja atingido, o coração é capaz de manter um débito cardíaco constante, mesmo contra uma resistência periférica crescente. Como o fluxo sanguíneo na circulação correspondente manter-se-á constante, resultará em aumento da pressão arterial respectiva. Conforme esta se eleva, mais trabalho será executado pelo coração para manter constante o débito cardíaco. Essa resistência enfrentada pelo coração, que corresponde à pressão arterial existente no sistema quando as válvulas aórtica ou pulmonar se abrem, é também conhecida como **pós-carga**.

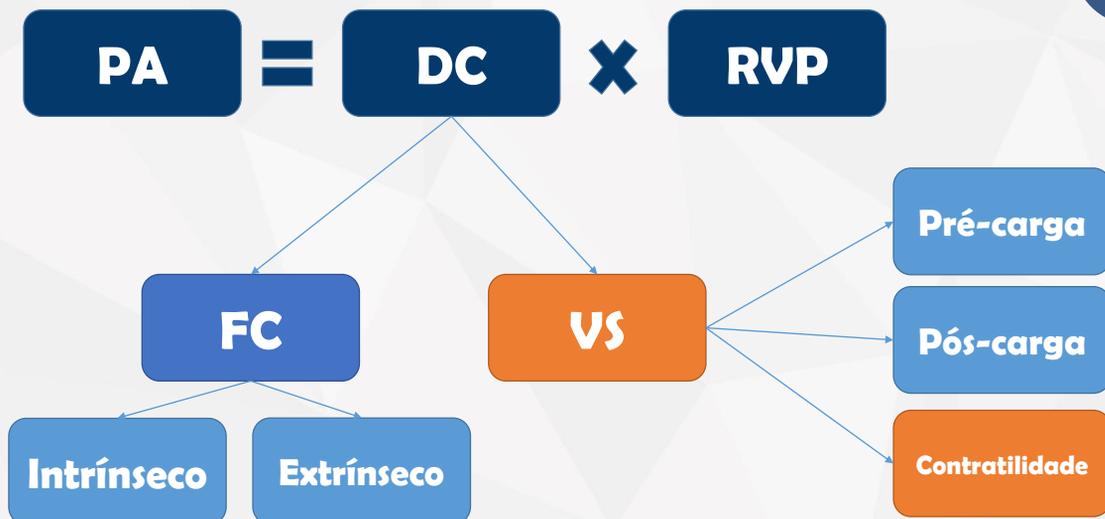
Resistência vascular periférica



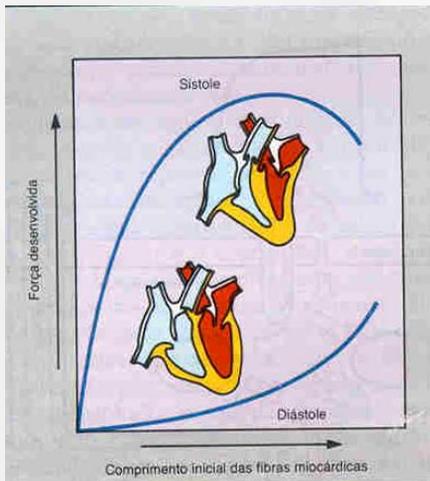
Tabela 23.1 Fatores vasoativos que afetam o calibre das arteríolas

Fatores Vasoconstritores	Fatores Vasodilatadores
- Noradrenalina	- Acetilcolina
- Catecolaminas circulantes	- Bradicina
- Angiotensina II	- Angiotensina-(1-7)
- Vasopressina	- Substância P
- Serotonina	- Óxido nítrico
- Endotelina 1	- Lactato
- Neuropeptídeo Y	- Adenosina
- Diminuição da temperatura local	- Diminuição da tensão de oxigênio
	- Aumento da tensão de gás carbônico
	- Diminuição de pH
	- Aumento da temperatura local

Slide-guia



Contratilidade: Frank-Starling



MECANISMO DE FRANK-STARLING

Uma longa série de experimentos que se iniciaram em 1740 com Stephen Hales, o cientista que primeiro registrou a pressão arterial e suas características, culminaram no fim do século XIX (Frank) e início do século XX (Starling) com a compreensão do mecanismo dito de Frank-Starling que relaciona o comprimento da fibra na diástole com a força exercida por essa mesma fibra na sístole. Em 1914, em memorável trabalho, Starling enunciou sua famosa "Lei do Coração". Nas suas próprias palavras:

"A lei do coração é, pois, a mesma do músculo esquelético, a saber, a energia mecânica liberada na passagem do estado relaxado para o de contração depende da área das superfícies quimicamente ativas, isto é, do comprimento das fibras musculares."

Relação entre DC e RV



2. **Relação entre RV e DC.** Dentro de determinados limites, o coração transfere o que recebe pelo retorno venoso em débito cardíaco. Se mais sangue retornar ao coração num dado intervalo de tempo, causando maior enchimento do ventrículo durante a diástole e, por conseguinte, aumento da pré-carga, o mecanismo de Frank-Starling pelo estiramento das fibras do músculo cardíaco garantirá um volume sistólico maior na sístole seguinte. Este volume elevado transferirá o volume excedente para a árvore arterial. Essa propriedade garante que o débito cardíaco do ventrículo esquerdo seja igual ao direito. Diferenças observadas no decorrer do tempo serão rapidamente corrigidas. A insuficiência cardíaca é uma

situação patológica em que não há mais equilíbrio entre o retorno venoso e o débito cardíaco.

É curioso observar que, pelas suas características de sistema de resistência da pressão arterial, uma vasoconstrição arteriolar irá provocar aumento da resistência periférica e, por conseguinte, o trabalho cardíaco. Já durante uma venoconstrição, pelas características de sistema de capacitância do sistema venoso, reduzindo o volume no leito vascular, irá causar aumento no débito cardíaco. Esse mecanismo é observado, por exemplo, nas hemorragias em que a venoconstrição procura reduzir a capacidade do sistema circulatório, para manter o retorno venoso e o débito cardíaco.

Fatores que influenciam o VS

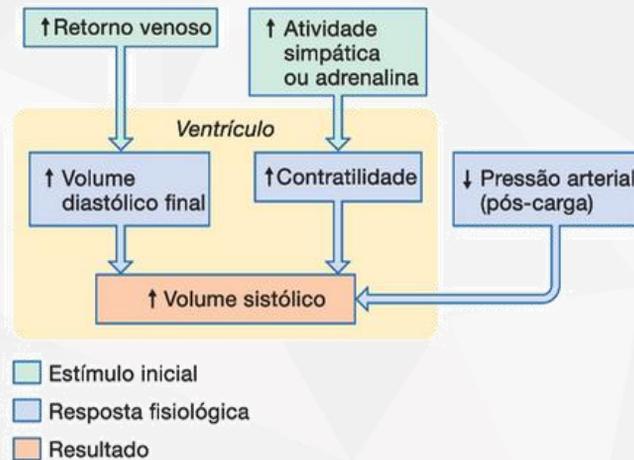


Figura 13.31. Fatores que influenciam o volume sistólico.

Outros fatores que influenciam contratilidade



- Oxigênio e Dióxido de Carbono:
 - hipóxia moderada - estimula a função
 - hipóxia mais grave é depressora (metabolismo limitado)
- pH: diminuição de pH, reduz a função (diminui Ca^{++} liberado e a sensibilidade do miofilamento)
- K^+ : aumento de K^+ , reduz a função
- Ca^{++} : excesso de Ca^{++} , promove contrações espásticas
- Temperatura: aumento da T, aumenta a FC; elevação prolongada exaure os sistemas metabólicos
- TAMANHO DO CORAÇÃO

Exercícios



4. Como resultado da lei de Starling, o volume sistólico deve elevar-se após um aumento de:
- Pressão arterial média.
 - Frequência cardíaca.
 - Atividade simpática.
 - Pós-carga.
 - Pré-carga.

14. Segundo a lei de Starling, o volume sistólico deve aumentar se o volume diastólico final (aumentar/diminuir).

23. Se o volume diastólico final não se altera, mas o volume sistólico final diminui, a fração de ejeção (aumenta/diminui).

1. Qual dos seguintes tem maior probabilidade de causar *diminuição* do volume sistólico do ventrículo esquerdo?

- Aumento da pressão arterial média.
- Aumento da pressão diastólica final.
- Aumento do volume diastólico final.
- Aumento da atividade da inervação simpática do coração.
- Aumento da pressão venosa central.

2. Dado que todas as demais variáveis permanecem constantes, explique se o volume sistólico aumenta ou diminui após um aumento de cada uma das seguintes variáveis: atividade simpática, volume diastólico final, pós-carga, pré-carga, tempo de enchimento.

1. O que é a lei de Starling do coração?

3. O que é pré-carga? O que é pós-carga? Como cada uma delas afeta o volume sistólico?

3. Se você conhece o volume diastólico final, a única outra coisa de que você necessita para determinar o volume sistólico é:

- Pós-carga.
- Contratilidade ventricular.
- Volume sistólico final.
- Frequência cardíaca.
- Débito cardíaco.

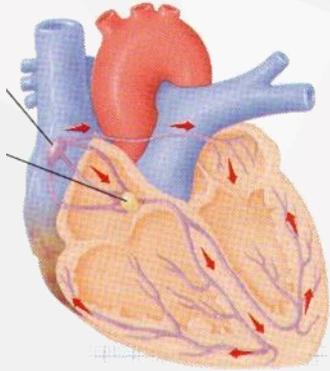


ELETROCARDIOGRAMA

Eletrocardiograma



As alterações elétricas que ocorrem durante as fases do ciclo cardíaco podem ser registradas por um eletrocardiograma (ECG).



O ECG é muito utilizado na prática em cardiologia por se tratar de um recurso simples, rápido e de resultados reprodutíveis, que possibilita determinar como ocorre o processo de ativação das distintas cavidades do coração. A avaliação realizada pelo ECG pode identificar algumas contraindicações para o exercício físico, incluindo o infarto do miocárdio ocorrido previamente, alterações isquêmicas e problemas na condução elétrica entre as cavidades cardíacas.

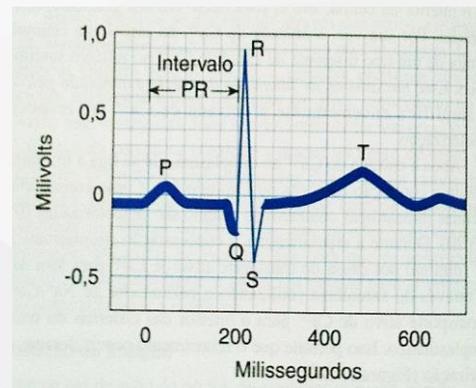


Figura 10.6 Diferentes fases do eletrocardiograma. A onda P representa a despolarização dos átrios, o complexo QRS representa as alterações elétricas provenientes da despolarização ventricular e a onda T representa a repolarização ventricular.

Eletrocardiograma

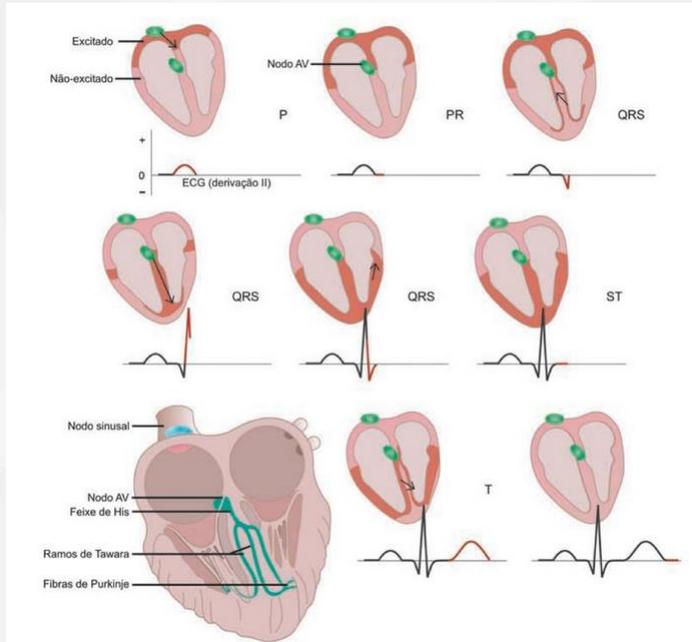
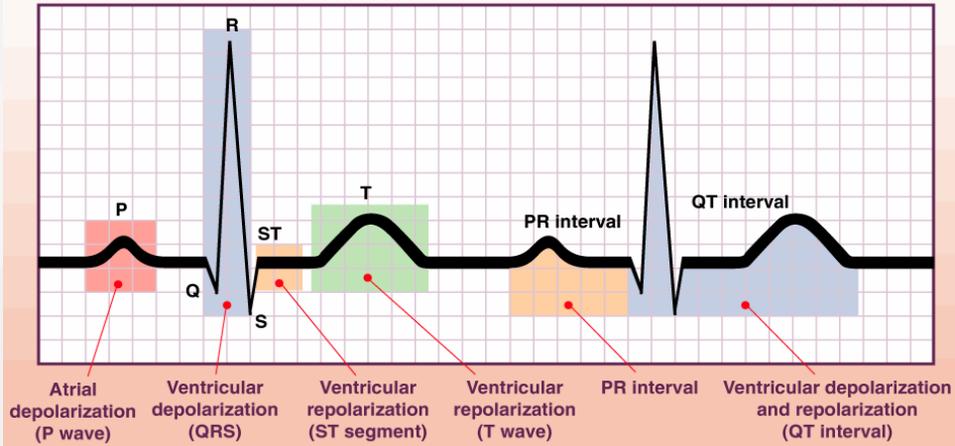


O ECG capta a atividade elétrica do miocárdio, pois essa atividade cria um campo elétrico que se propaga por todo o corpo. Essas ondas elétricas são captadas por meio de eletrodos colocados na superfície corporal em regiões específicas. Existem diferentes configurações de aparelhos para realização do ECG. O eletrocardiógrafo (aparelho utilizado para realização do ECG) pode ser de configuração bipolar, em que apenas 3 eletrodos são colocados na região torácica; até a configuração que utiliza 10 eletrodos, que é o tipo utilizado para realização do ECG durante o exercício.



REGISTRO GRÁFICO DA ATIVIDADE ELÉTRICA DO CORAÇÃO

Fases do ECG de Repouso





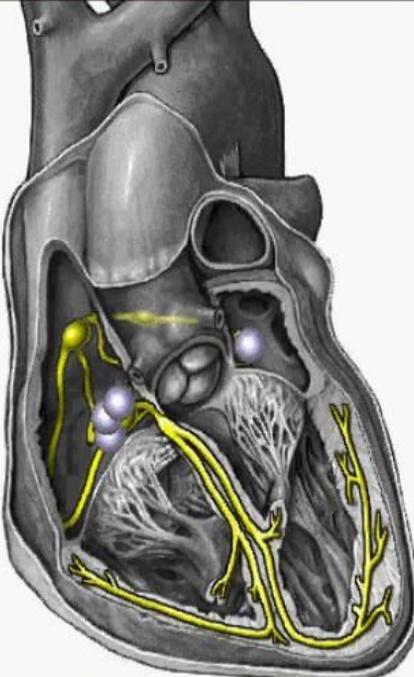
Normal ECG Tracing

- P wave** = Atrial depolarization
- QRS complex** = Ventricular depolarization
- T wave** = Ventricular repolarization



Normal ECG Tracing

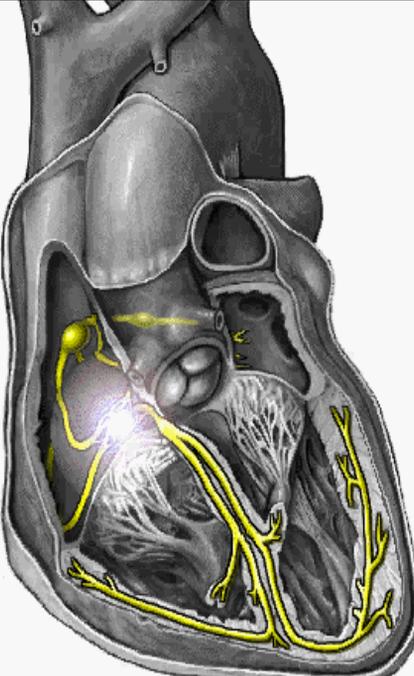
- P wave** = Atrial depolarization
- QRS complex** = Ventricular depolarization
- T wave** = Ventricular repolarization



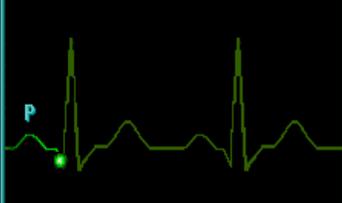
Normal ECG Tracing



- P wave** = Atrial depolarization
- QRS complex** = Ventricular depolarization
- T wave** = Ventricular repolarization

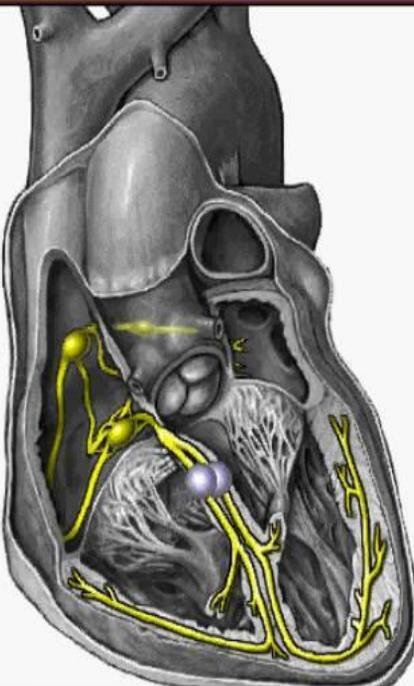



Normal ECG Tracing



- P wave** = Atrial depolarization
- QRS complex** = Ventricular depolarization
- T wave** = Ventricular repolarization





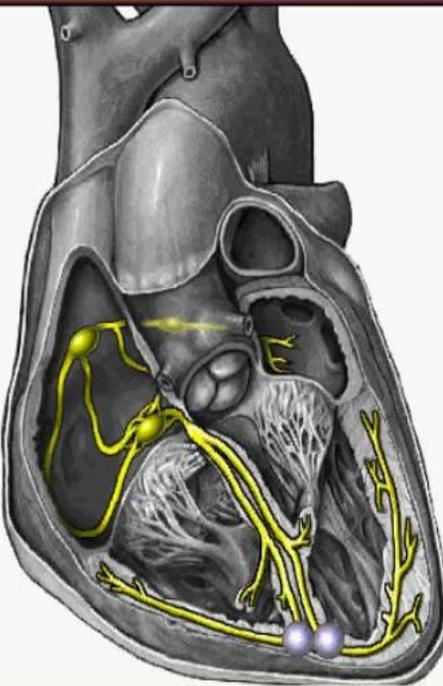
Normal ECG Tracing



P wave = Atrial depolarization

QRS complex = Ventricular depolarization

T wave = Ventricular repolarization

Normal ECG Tracing

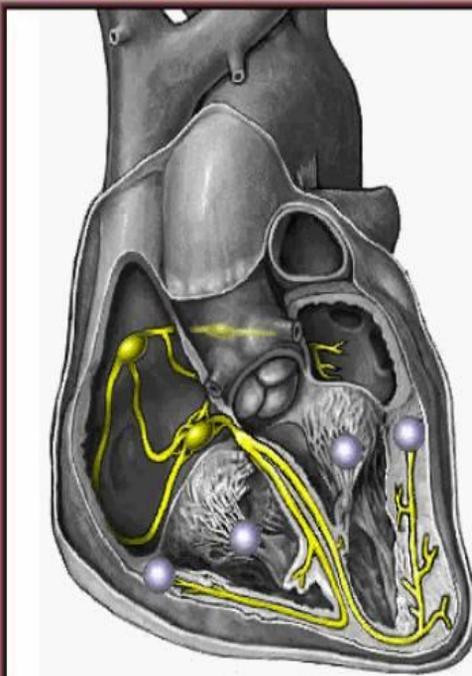


P wave = Atrial depolarization

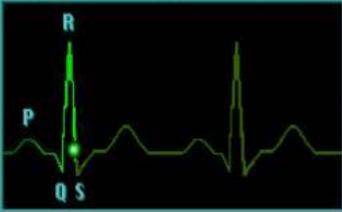
QRS complex = Ventricular depolarization

T wave = Ventricular repolarization

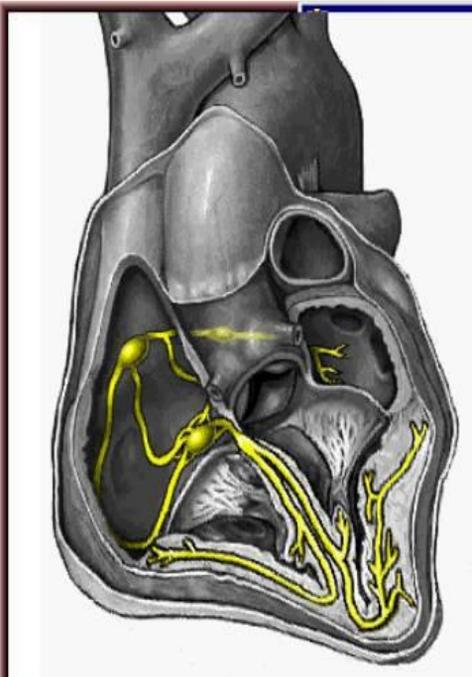




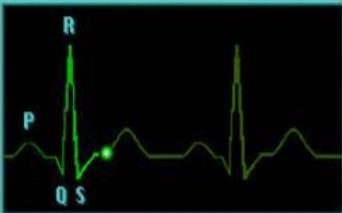
Normal ECG Tracing



- P wave** = Atrial depolarization
- QRS complex** = Ventricular depolarization
- T wave** = Ventricular repolarization

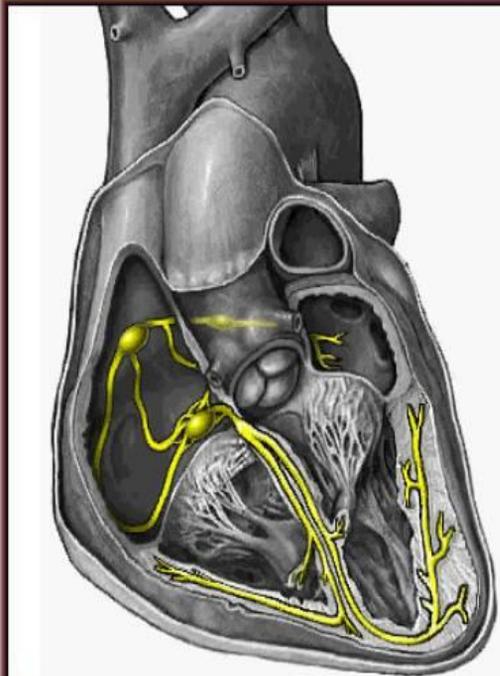



Normal ECG Tracing

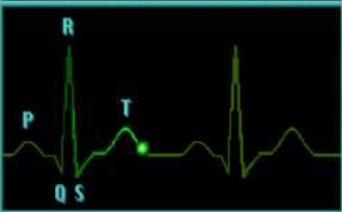


- P wave** = Atrial depolarization
- QRS complex** = Ventricular depolarization
- T wave** = Ventricular repolarization

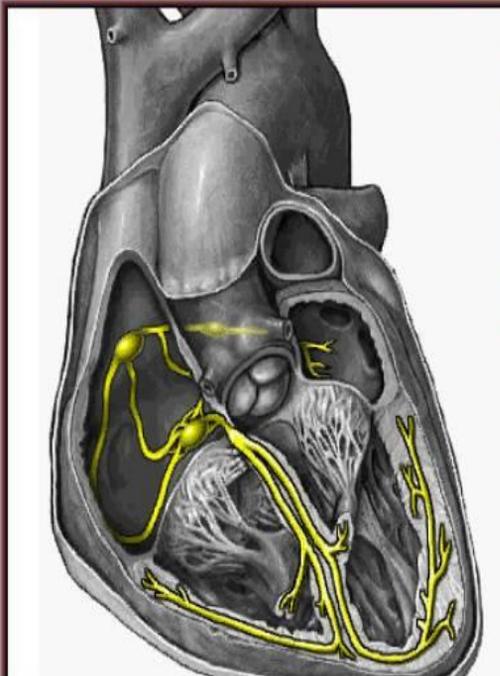




Normal ECG Tracing



- P wave** = Atrial depolarization
- QRS complex** = Ventricular depolarization
- T wave** = Ventricular repolarization

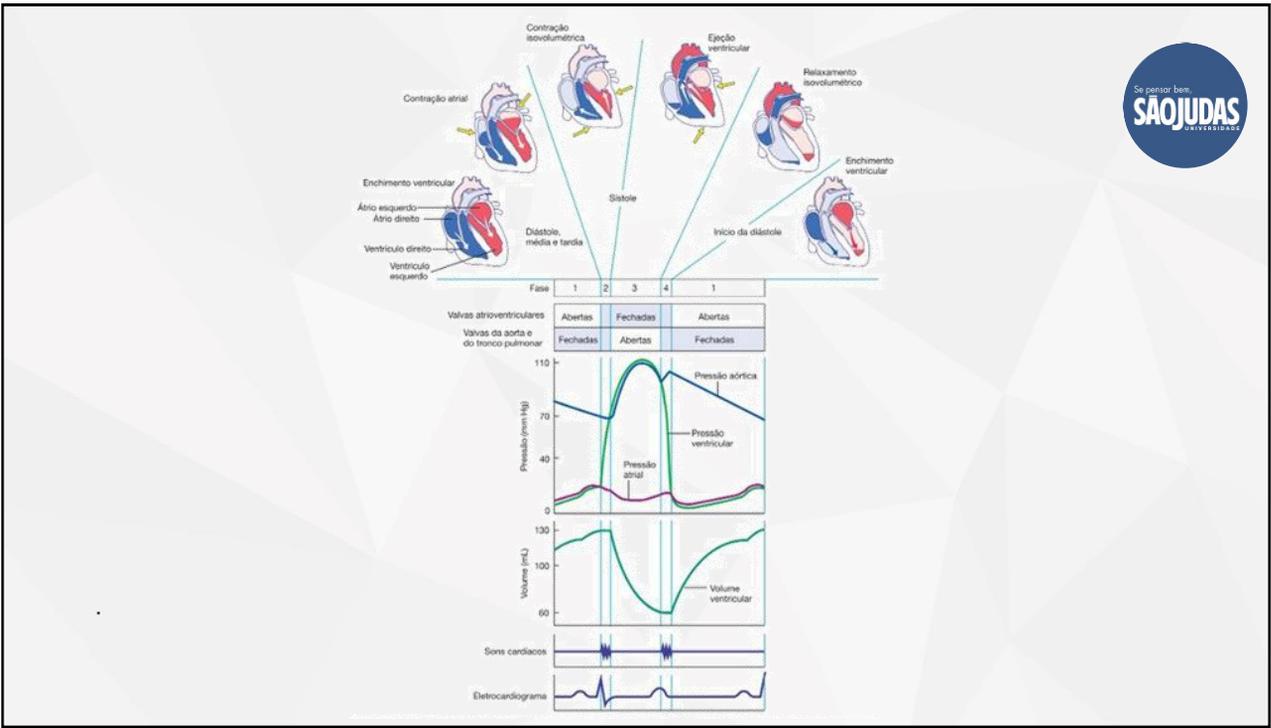
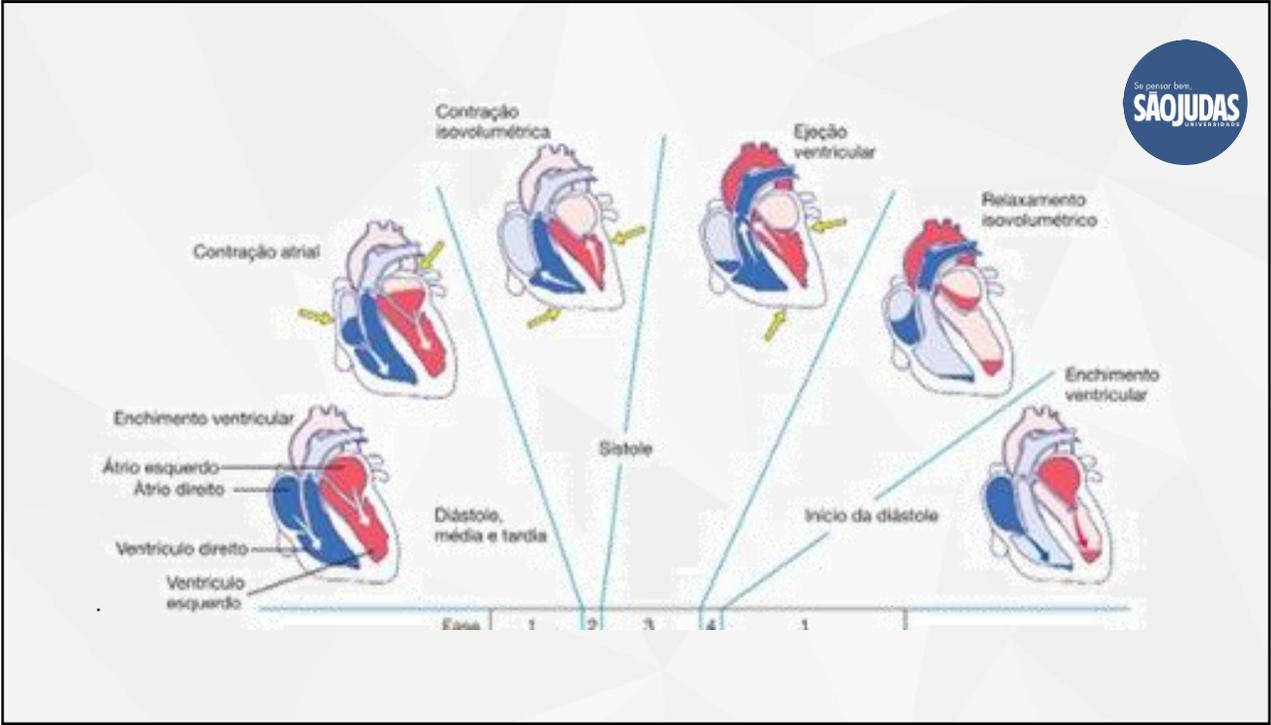



Normal ECG Tracing



- P wave** = Atrial depolarization
- QRS complex** = Ventricular depolarization
- T wave** = Ventricular repolarization





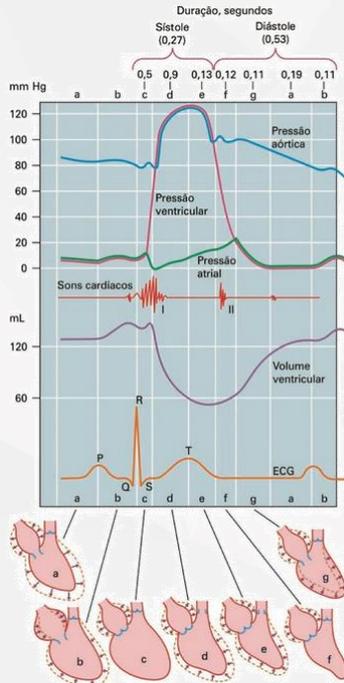


Fig. 27.2 Eventos do ciclo cardíaco no ventrículo esquerdo. De cima para baixo, registro de pressão na aorta, no interior do ventrículo e no átrio esquerdo. Registro dos sons cardíacos, registro das variações no volume de sangue no interior do ventrículo esquerdo e registro do eletrocardiograma. Na parte inferior da figura, as variações na atividade do ventrículo e no posicionamento das válvulas.

Exercícios



7. Qual dos seguintes não é normalmente aparente no ECG?
- Despolarização atrial.
 - Repolarização atrial.
 - Despolarização ventricular.
 - Repolarização ventricular.
 - Nenhuma das anteriores.

9. O complexo QRS do ECG é devido a:
- Despolarização atrial.
 - Repolarização atrial.
 - Despolarização ventricular.
 - Repolarização ventricular.
 - Abertura das válvulas AV.

26. A onda (P/T) do ECG corresponde à repolarização ventricular.

Referências bibliográficas



- Pithon-Curi, TC. Fisiologia do exercício. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013. (disponível em MINHA BIBLIOTECA)
- Stanfield, CL. Fisiologia humana. 5.ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013. (disponível em BIBLIOTECA VIRTUAL)
- Fox, S.I. **Fisiologia humana**. 7.ed. São Paulo: Manole, 2007.
- Levy, MN; Stanton, BA; Koeppen, BM. **Berne & Levy: Fundamentos de fisiologia**. 4ª edição. Rio de Janeiro, Elsevier. 2006.

Questões para revisão



52. Quais vasos sanguíneos transportam sangue oxigenado? E sangue desoxigenado?
53. Onde se localizam as valvas atrioventriculares? Onde se localizam as valvas da aorta e do tronco pulmonar? Qual a sua função?
54. Explique o ciclo cardíaco, evidenciando as alterações de pressão e volume que ocorrem no ventrículo esquerdo.
55. Quais partes do coração recebem estímulos de neurônios autonômicos? Que efeito exerce a estimulação autonômica (simpática e parassimpática) sobre cada uma dessas partes?
56. O que é débito cardíaco? Qual a relação entre débito cardíaco, frequência cardíaca e volume sistólico?
57. O que é pressão arterial? Quais fatores interferem diretamente na pressão arterial? Explique usando a fórmula.
58. Quais são os fatores que interferem no volume sistólico? Explique cada um deles.

Questões para revisão



59. Explique o que é eletrocardiograma e o que representa cada uma das suas ondas.
60. Por que o coração poderia se contrair fora do corpo humano? Cite as condições necessárias.
61. Explique como o impulso elétrico se propaga pelo músculo cardíaco, detalhando todas as estruturas envolvidas. Descreva o papel de cada uma delas nessa propagação.
62. Explique o potencial de ação da fibra ventricular. Qual o papel dos canais lentos de Ca^{2+} ?
63. Explique detalhadamente as particularidades da artéria, arteríola, capilar, vênula e veia.
64. O que é infarto do miocárdio?
65. Explique a importância das arteríolas para regulação de fluxo sanguíneo.
66. Descreva a importância das válvulas venosas. E o que pode ser feito para evitar/tratar as varizes.