



Podstawy patofizjologii chorób serca

II KATEDRA KARDIOLOGII CM UMK

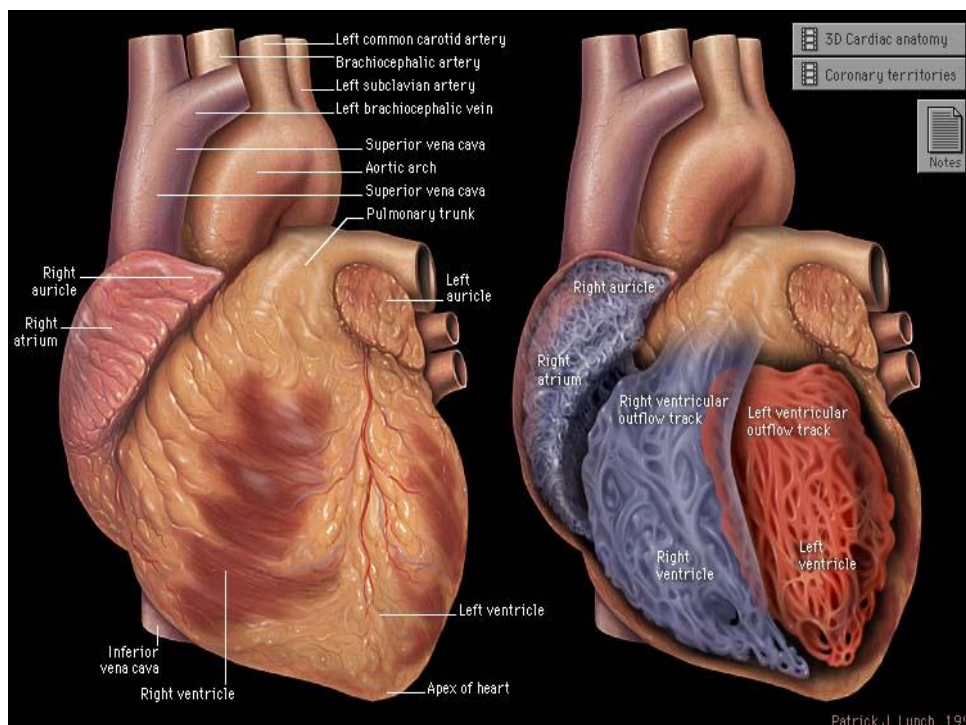
2014

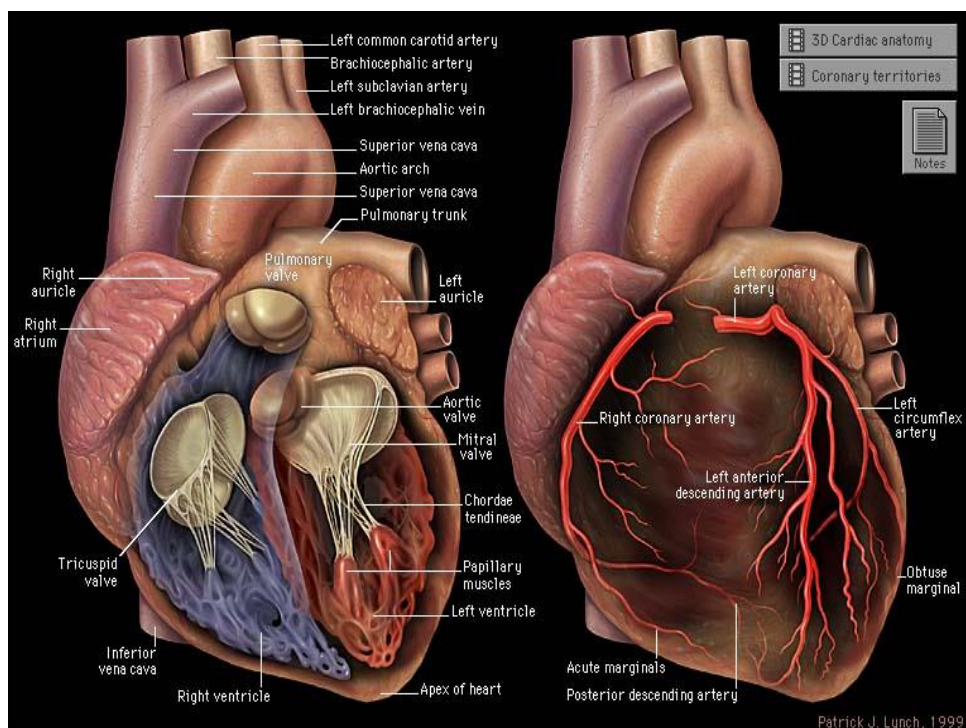
Anatomia serca

- ▶ **Prawy przedsionek** – odbiera krew z krążenia wielkiego
- ▶ **Zastawka trójdzielna** – między prawym przedsionkiem a prawą komorą
- ▶ **Prawa komora** – pompuje krew do krążenia płucnego
- ▶ **Zastawka płucna** - półksiężycowa
- ▶ **Pień płucny** – odchodzi z prawej komory i dzieli się na dwie tętnice płucne

Anatomia serca

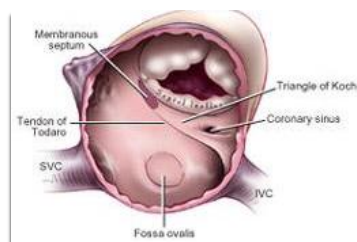
- ▶ **Lewy przedsionek** – odbiera krew z krążenia płucnego
- ▶ **Zastawka dwudzielna (mitralna)** – między lewym przedsionkiem a lewą komorą
- ▶ **Lewa komora** – pompuje krew do krążenia wielkiego
- ▶ **Zastawka aortalna** – półksiężycowa
- ▶ **Aorta** – odchodzi z lewej komory



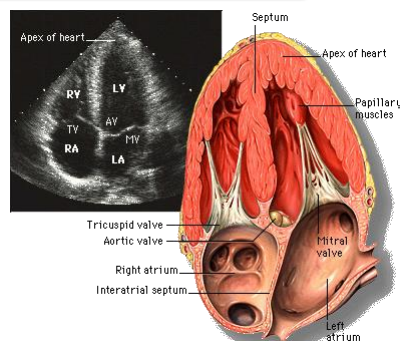


Anatomia serca

► Przegroda międzyprzedsionkowa z dołem owalnym

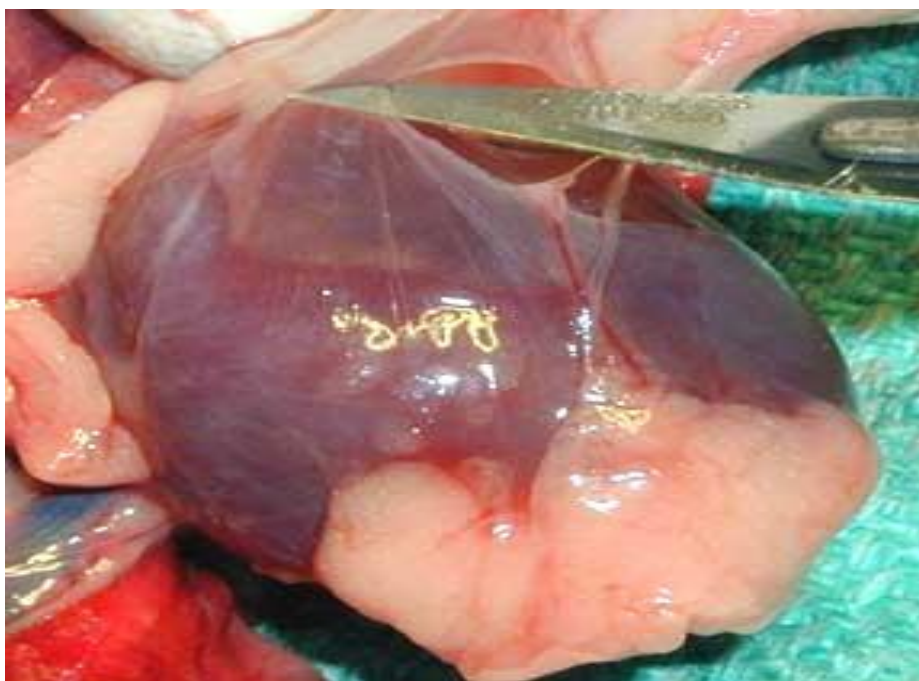
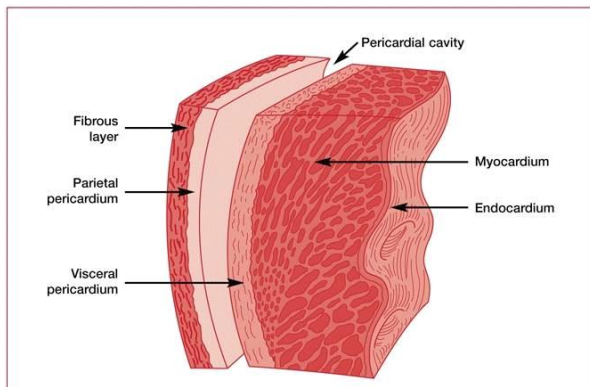


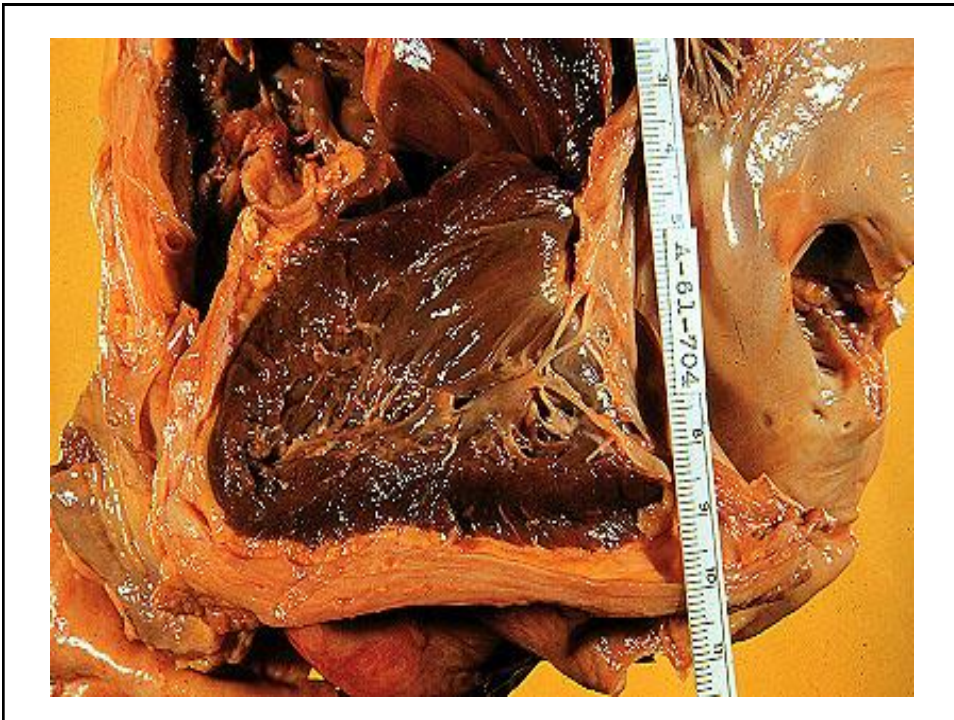
► Przegroda międzykomorowa – część błoniasta – część mięśniowa



Ściana serca

- ▶ **Warstwa wewnętrzna** – wsierdzie (endokardium) – pojedyncza warstwa komórek śródbłónka
- ▶ **Warstwa środkowa** - miokardium – mięsień sercowy
- ▶ **Warstwa zewnętrzna** – osierdzie – blaszka ścienna i blaszka trzewna - nasierdzie





Unerwienie serca

- ▶ **Współczulne** – dośrodkowe i odśrodkowe pochodzi z pierwszych 5-6 segmentów rdzenia piersiowego – nerwy sercowe
- ▶ **Przywspółczulne** – z rdzenia przedłużonego poprzez nerw błędny – pośredniczy w reakcjach odruchowych serca oraz wpływa na czynność bodźcotwórczą i przewodzenie

Unaczynienie serca

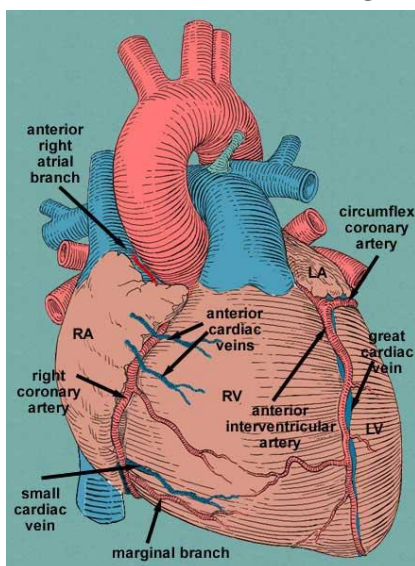
Lewa tętnica wieńcowa

- # pień lewej tętnicy wieńcowej
- # gałąź przednia zstępująca
- # gałąź okalająca

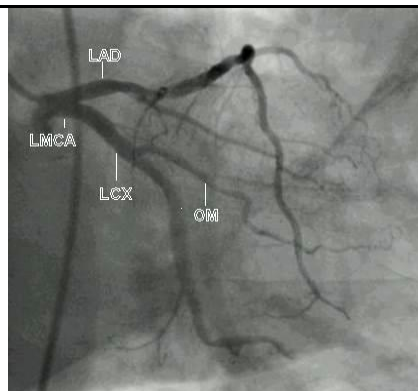
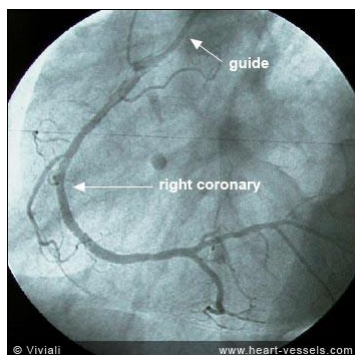
Prawa tętnica wieńcowa

- # t. węzła przedsionkowo-komorowego
- # t. tylna zstępująca

Unaczynienie serca



- ▶ Prawa tętnica wieńcowa
- ▶ Lewa tętnica wieńcowa
 - tętnica przednia zstępująca
 - tętnica okalająca



- ▶ Tętnice wieńcowe odchodzą od opuszki aorty powyżej zastawki aortalnej.
- ▶ Tętnice biegnące przez nasierdzie oddają gałązki w głąb mięśnia serca a następnie tworzą rozgałęziony splot naczyń włosowatych otaczających włókna mięśniowe
- ▶ Żyły wieńcowe biegną podobnie jak główne tętnice, odbierają krew z naczyń włosowatych i odprowadzają ją do prawego przedsionka głównie przez tzw. zatokę wieńcową

Rodzaje komórek serca

Komórki bodźcoprzewodzące

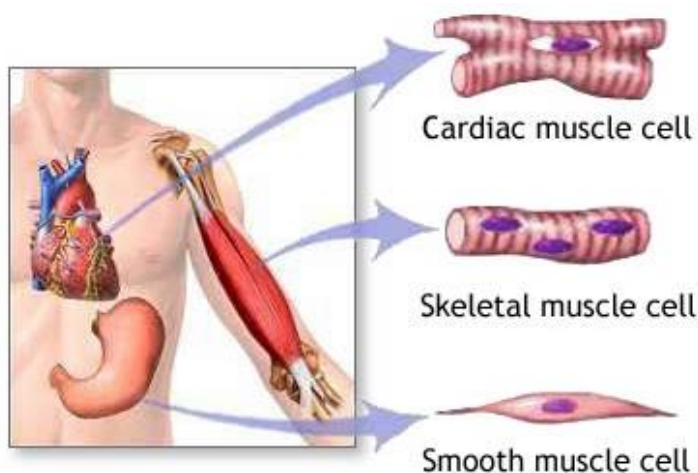
- # generują i przewodzą impulsy elektryczne
- # nie są kurczliwe

Komórki mięśniowe

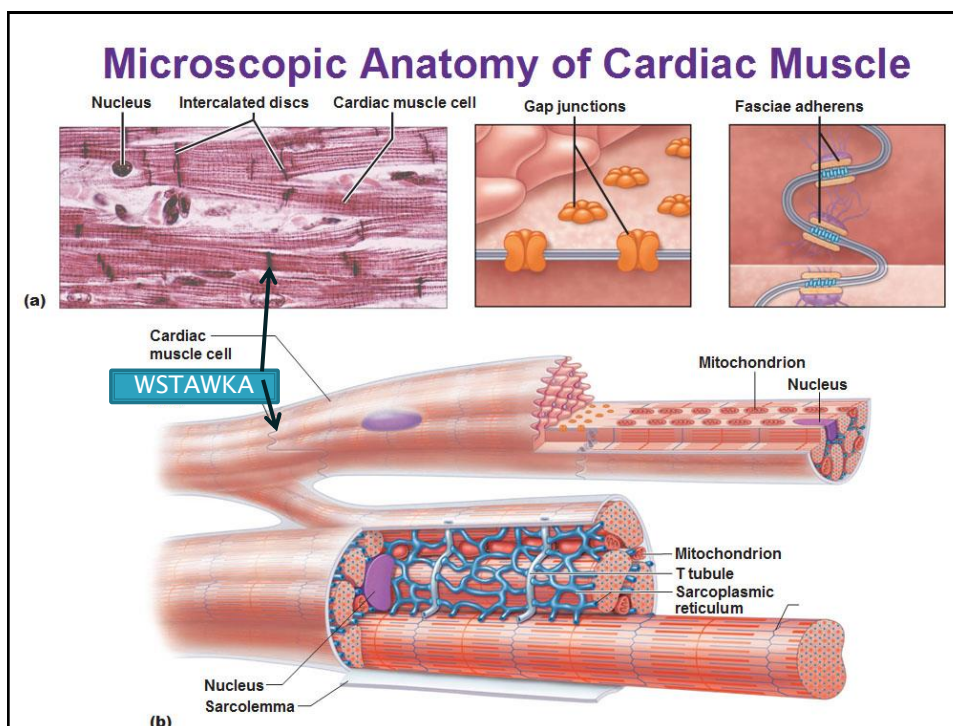
- #główna funkcja – mechaniczna
- # mogą przewodzić impulsy elektryczne
- # w specjalnych warunkach mogą generować impulsy elektryczne

Komórki mięśnia sercowego

- ▶ Poprzecznie prążkowana
- ▶ Jedno lub dwa jądra
- ▶ Ułożone obok siebie miofibryle składające się z sarkomerów będących podstawowymi jednostkami kurczliwymi
- ▶ Sarkomery złożone są z nitek miozyny i aktyny

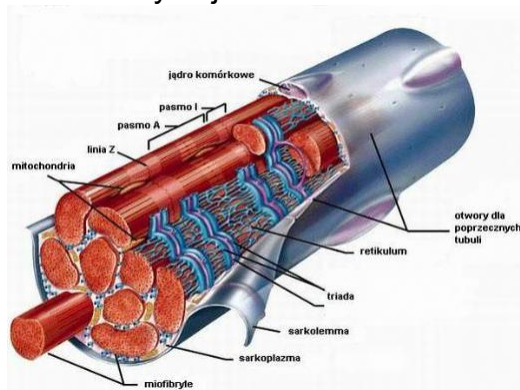
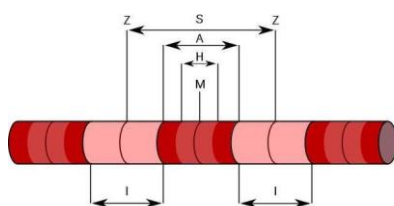


- ▶ Komórka ma średnicę 20-25 μm i długość 85-100 μm
- ▶ Sarkolema (błona kom.) ma wiele kanałów i pomp jonowych
- ▶ Wstawka jest częścią błony kom. która jest czynnościowym połączeniem między komórkami mięśniowymi i decyduje o ciągłości strukturalnej i czynnościowej mięśnia serca

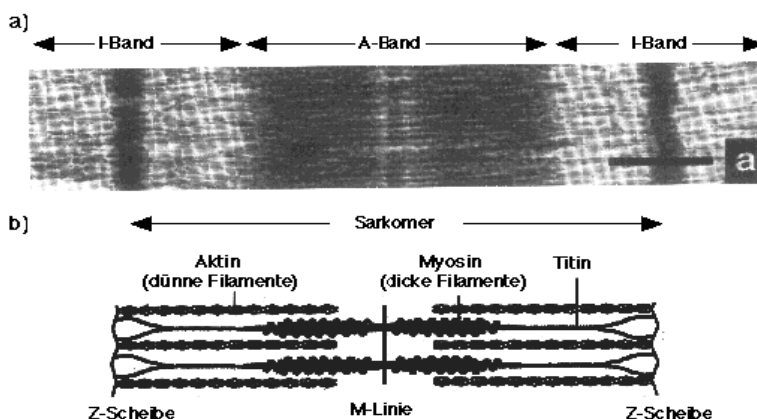


Jednostka kurczliwa mięśnia serca MIOFIBRYLLA I SARKOMER

- ▶ Komórka mięśnia sercowego złożona jest z licznych miofibryli stanowiących podstawowe jednostki kurczliwe
- ▶ Miofibrille zbudowane są z długich łańcuchów sarkomerów będących podstawowymi jednostkami kurczliwymi

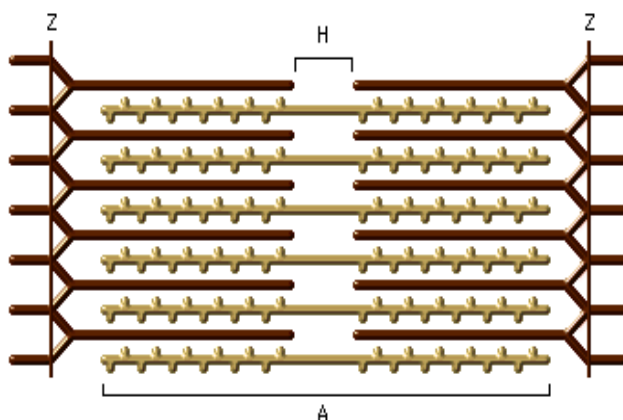


Sarkomer



Sarkomer utworzony jest z naprzemiennie ułożonych cienkich (aktyna) i grubych (miozyna) białek kurczliwych (miofilamentów)

Sarkomer

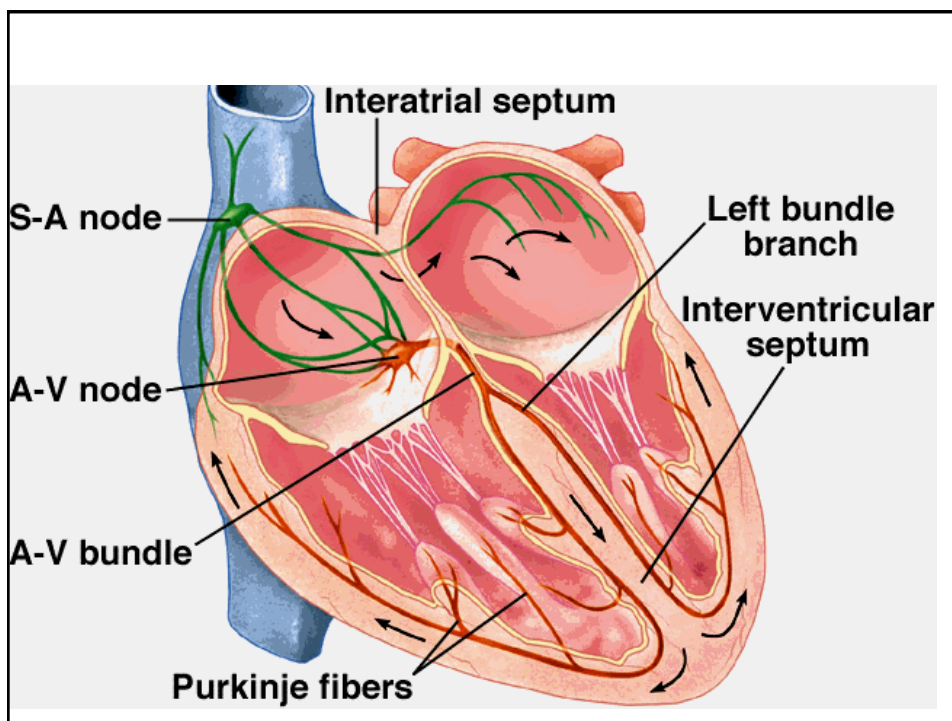
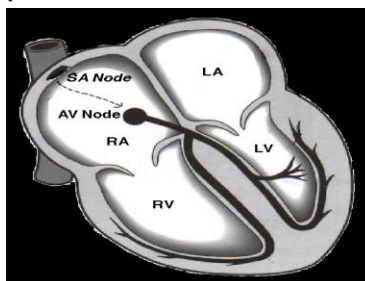


Linia Z- w nich zakotwiczone są filamenty aktynowe
 Prążek A- odpowiada długości nitek miozyny
 Prążek H- część miozyny nie otoczonej aktyną
 Prążek I- część aktyny nie otoczona miozyną

Układ bodźcoprzewodzący serca

Zbudowany jest z wyspecjalizowanych włókien mięśniowych, które inicjują i koordynują skurcze komór serca

- ▶ Węzeł zatokowo-przedsionkowy (SA node)
- ▶ Węzeł przedsionkowo-komorowy (AV node)
- ▶ Pęczek Hisa - odnoga lewa i prawa
- ▶ Włókna Purkiniego



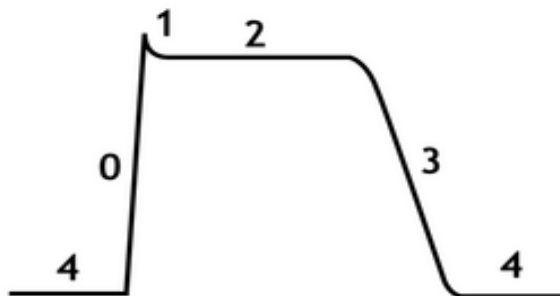
Elektrofizjologia

- ▶ **Potencjał spoczynkowy** – różnica potencjałów między wnętrzem komórki a jej powierzchnią
- ▶ W spoczynku jony Ca i Na znajdują się na zewnątrz, a jony K wewnątrz komórki
- ▶ Za utrzymanie potencjału spoczynkowego odpowiada głównie pompa sodowa potasowa (ATP-aza), która wymienia 3 jony Na^+ z wnętrza komórki na 2 jony K^+ ze środowiska pozakomórkowego
- ▶ Potencjał spoczynkowy komórki mięśniowej komory wynosi ok. -90 mV (węzła zatokowego ok. -55 mV , a komórek Purkiniego ok. -95 mV)
- ▶ Wnętrze komórki ma ładunek ujemny w stosunku do jej powierzchni (1. w cytoplazmie obecne duże ujemnie naładowane białka, 2. działa pompa Na-K, 3. otwarte są kanały potasowe, przez które K^+ ucieka zgodnie z gradientem stężeń poza komórkę)

Elektrofizjologia

Potencjał czynnościowy

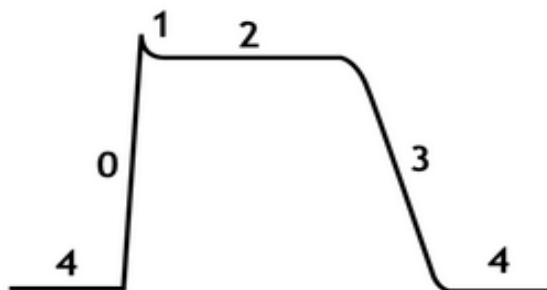
* **Faza 0** – depolaryzacja – napływ jonów Na po pobudzeniu do wnętrza komórki, a ujemny potencjał komórki maleje gwałtownie. Po kilkudziesięciu sek. Kanały sodowe zostają zamknięte



Potencjał czynnościowy

REPOLARYZACJA KOMÓRKI

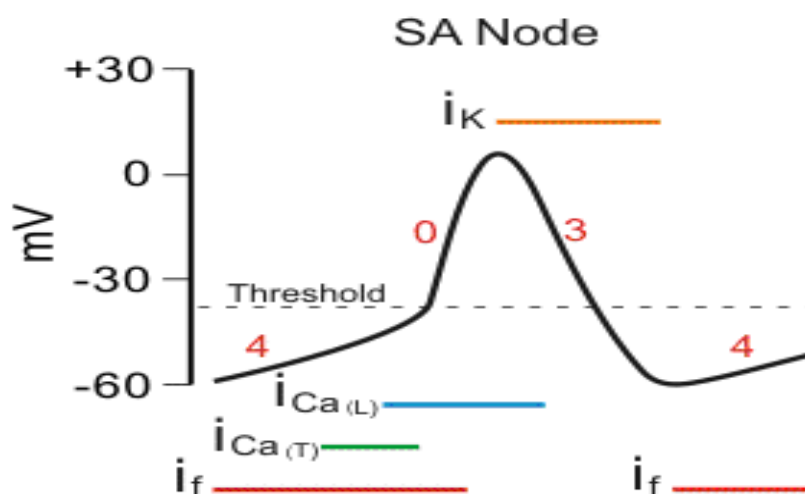
- **Faza 1** – wstępna repolaryzacja – potencjał błonowy ok. 0 mV
- * **Faza 2** – plateau (napływ jonów Ca do komórki przez wolny kanał wapniowy)
- * **Faza 3** – końcowa repolaryzacja – wzrost przepuszczalności dla kanałów potasowych i ich odpływ na zewnątrz komórki
- * **Faza 4** – spoczynek



Komórki rozrusznikowe i automatyzm serca

- ▶ W komórkach rozrusznikowych potencjał czynnościowy wywołany jest bez udziału bodźca
- ▶ Automatyzm – spontanicznie zachodząca powolna depolaryzacja w fazie 4, która po osiągnięciu wartości progowej wywołuje potencjał czynnościowy

Powolna spoczynkowa depolaryzacja



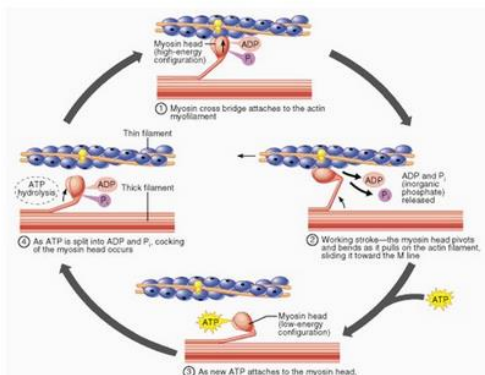
Sprężenie elektromechaniczne

Zespół procesów powodujących zamianę energii chemicznej zmagazynowanej w cząstkach związków wysokoenergetycznych na energię mechaniczną skurczu mięśnia sercowego

Sprężenie elektromechaniczne

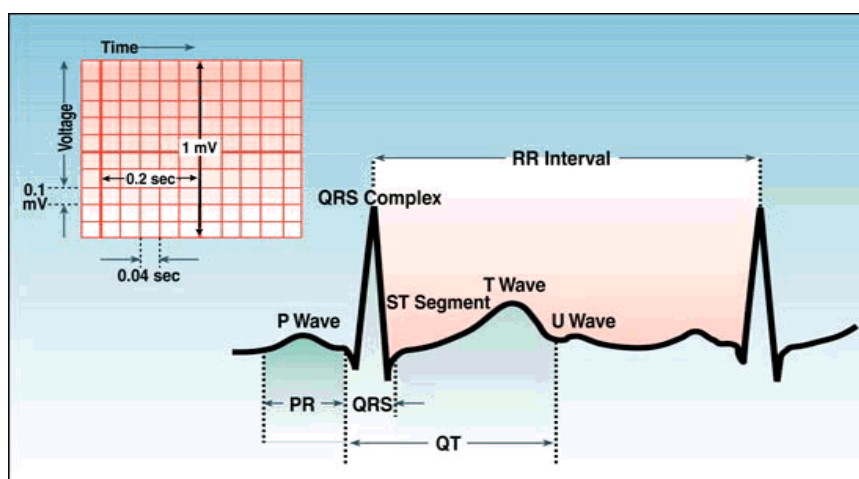
Skurcz mięśnia – mechanizm ślizgu

Skurcz jest spowodowany przesuwaniem się cienkiego filamentu wzdłuż grubego filamentu.



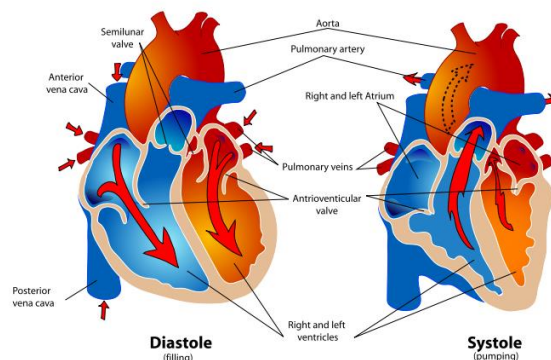
Napływ jonów Ca do komórki w czasie fazy 2 potencjału czynnościowego oraz uwolnienie ich z siateczki wewnątrzplazmatycznej. Interakcja jonów Ca z troponiną i zmiana konfiguracji tropomiozyny doprowadzają do reakcji aktyny z miozyną i skrócenia sarkomerów – skurczu komórki mięśniowej

EKG



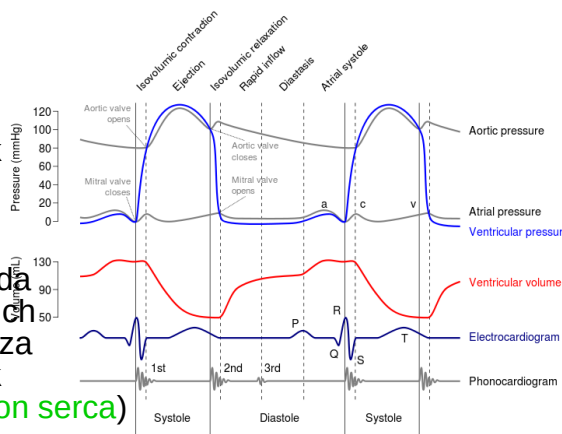
Cykl serca

- ▶ **ROZKURCZ** – krew napływa z przedsionków do komór przez otwarte zastawki przedsionkowo-komorowe – faza szybkiego napełniania. W późnym okresie rozkurczu komór skurcz przedsionków włącza do komór ostatnią porcję krwi.



Cykl serca

- ▶ **SKURCZ** – początek czynności mechanicznej serca powoduje gwałtowny wzrost ciśnienia w komórce co doprowadza do zamknięcia zastawek przedsionkowo-komorowych (**pierwszy ton serca**). Faza skurczu przy zamkniętych zastawkach półksiężycowych – skurcz izowolumeryczny.
- ▶ Ciśnienie w komórce przekracza następnie ciśnienie w dużych naczyniach doprowadzając do otwarcia zastawek półksiężycowych i wypchnięcia krwi na obwód. Pod koniec fazy wyrzutu ciśnienie w komórce spada poniżej ciśnienia w wielkich naczyniach co doprowadza do zamknięcia zastawek półksiężycowych (**drugi ton serca**)



Szmery serca i dodatkowe tony

- ▶ Dźwięki powstające w efekcie turbulentnego przepływu krwi . W warunkach prawidłowych krew płynie laminarnie (warstwowo)- nie ma szmerów.
- zwężone naczynie (np. stenoza aorty)
- zwiększony przepływ przez prawidłowe zastawki (np. w niedokrwistości)
- wyrzut krwi do poszerzonych naczyń (np. tętniakowate poszerzenie aorty)
- cofanie się krwi przez nieszczelną zastawkę (niedomykalności zastawek)
- przeciek krwi między strukturami serca (np. ubytki w przegrodzie m-komorowej)
- ▶ Szmerzy dzielimy na skurczowe i rozkurczowe oraz ciągłe
- ▶ W chorym sercu także występują dodatkowe tony serca:
III ton, IV ton, stuk osierdziowy, tarcie osierdza

Choroba wieńcowa

**PODAŻ TLENU W MIĘŚNIU
SERCOWYM**

**ZAPOTRZEBOWANIE MIĘŚNIA
SERCOWEGO NA TLEN**

**Rozkurczowe ciśnienie perfuzyjne
Opór naczyń wieńcowych**

–ucisk z zewnątrz
–regulacja wewnętrzna (regulacja nerwowa,
miejscowe metabolity, czynniki
śródbłonkowe)

Pojemność tlenowa krwi

Napięcie ściany komory

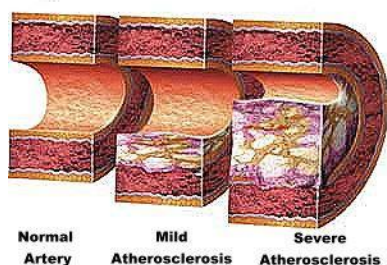
Częstość skurczów

Kurczliwość

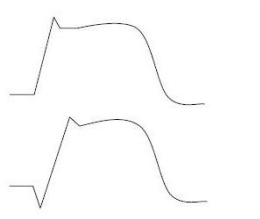
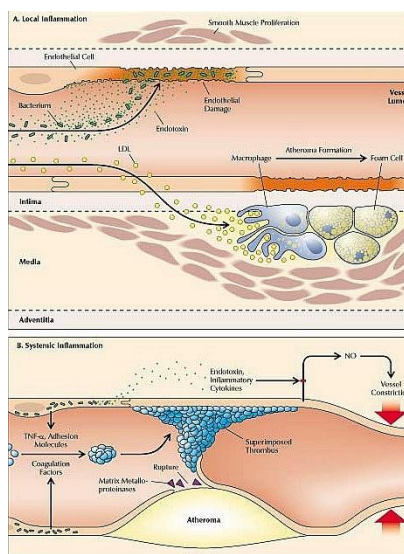


Miażdżyca tt.wieńcowych

Atherosclerosis

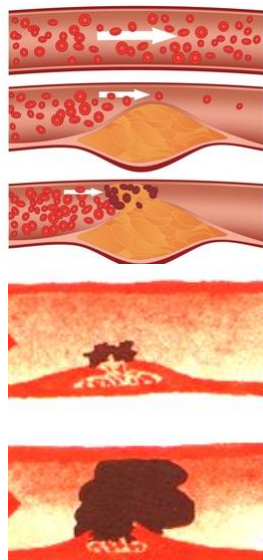


przewlekła choroba, polegająca na zmianach zwyrodnieniowo-wytwórczych w błonie wewnętrznej i środkowej tętnic, głównie w aorcie, tętnicach wieńcowych i mózgowych



Zawał serca

- ▶ Stan nieodwracalnej martwicy komórek serca w wyniku utrzymującego się niedokrwienia, np. wskutek zamknięcia lub krytycznego zwężenia tętnicy wieńcowej. Najczęstszą przyczyną jest miażdżyca i pęknięta blaszka miażdżycowa aktywująca proces wykrzepiania krwi w tętnicy



Niewydolność serca

- ▶ Jest to niezdolność serca do przepompowania krwi do naczyń tętniczych w stopniu wystarczającym wskutek niewystarczającego skurczu (niewydolność skurczowa) lub stan w którym jest to możliwe tylko pod warunkiem nieprawidłowo wysokiego ciśnienia napełniania (niewydolność rozkurczowa)
- ▶ Może być skutkiem: nadciśnienia tętniczego, choroby wieńcowej, kardiomiopatii, wad zastawkowych i innych.

Prawo Franka -Starlinga

- ▶ Im większa jest objętość komory podczas rozkurczu, tym bardziej rozciągnięte są włókna mięśnia komory i tym większa jest siła skurczu mięśnia serca
- ▶ Czyli objętość wyrzutowa zwiększa się w zależności od obciążenia wstępnego (napięcie włókien mięśnia serca w okresie poprzedzającym skurcz)
- ▶ Im większe jest obciążenie przeciwdziałające skurczowi (tzw. obciążenie następne, np. wysoki opór w tętnicach obwodowych) – tym mniej może się skrócić włókno mięśniowe

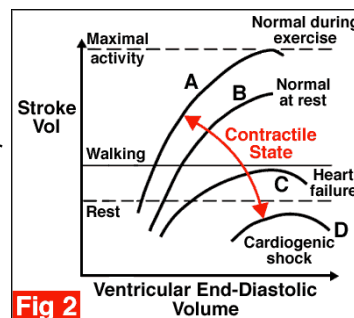
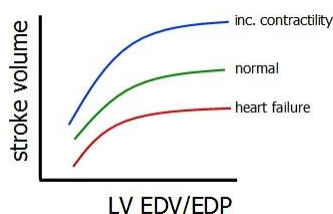


Fig 2

Pojemność minutowa – CO (cardiac output = rzut serca)

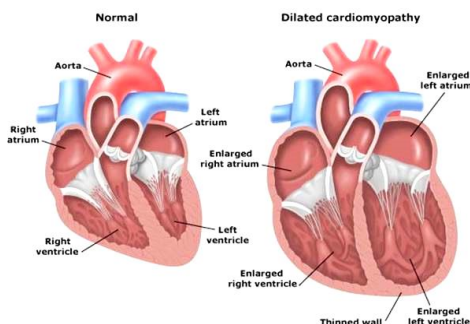
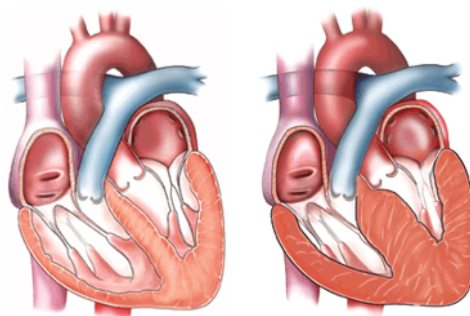
Jest to objętość krwi wyrzucana na obwód w czasie jednej minuty. W warunkach prawidłowych jest adekwatna do potrzeb metabolicznych organizmu

Elementy składające się na pojemność minutową

- Objętość wyrzutowa – objętość krwi wyrzucana w ciągu jednego skurczu (SV-stroke volume), zależna od kurczliwości, obciążenia wstępnego i następczego
- Częstość serca (HR-heart rate)

$$CO = SV \times HR$$

- ▶ Przerost mięśnia serca
- ▶ Wtórne upośledzenie rozkurczu komory
- ▶ np. w nadciśnieniu tętniczym, kardiomiopatii przerostowej, wadach zastawkowych



- Ścieńczenie ścian i rozstrzeń serca
- Upośledzenie kurczliwości mięśnia
- np. w kardiomiopatii rozstrzeniowej, chorobie niedokrwiennej, późnej fazie niewydolności nadciśnieniowej serca i wad zastawkowych