

Zarys Fizjologii - Układu Krążenia cz. I

Wykorzystano opracowanie z Instytut Dietetyki
PWSZ w Nysie.

Układ sercowo naczyniowy

Serce-pompa sercowa

Tętnice-kanały zaopatrujące

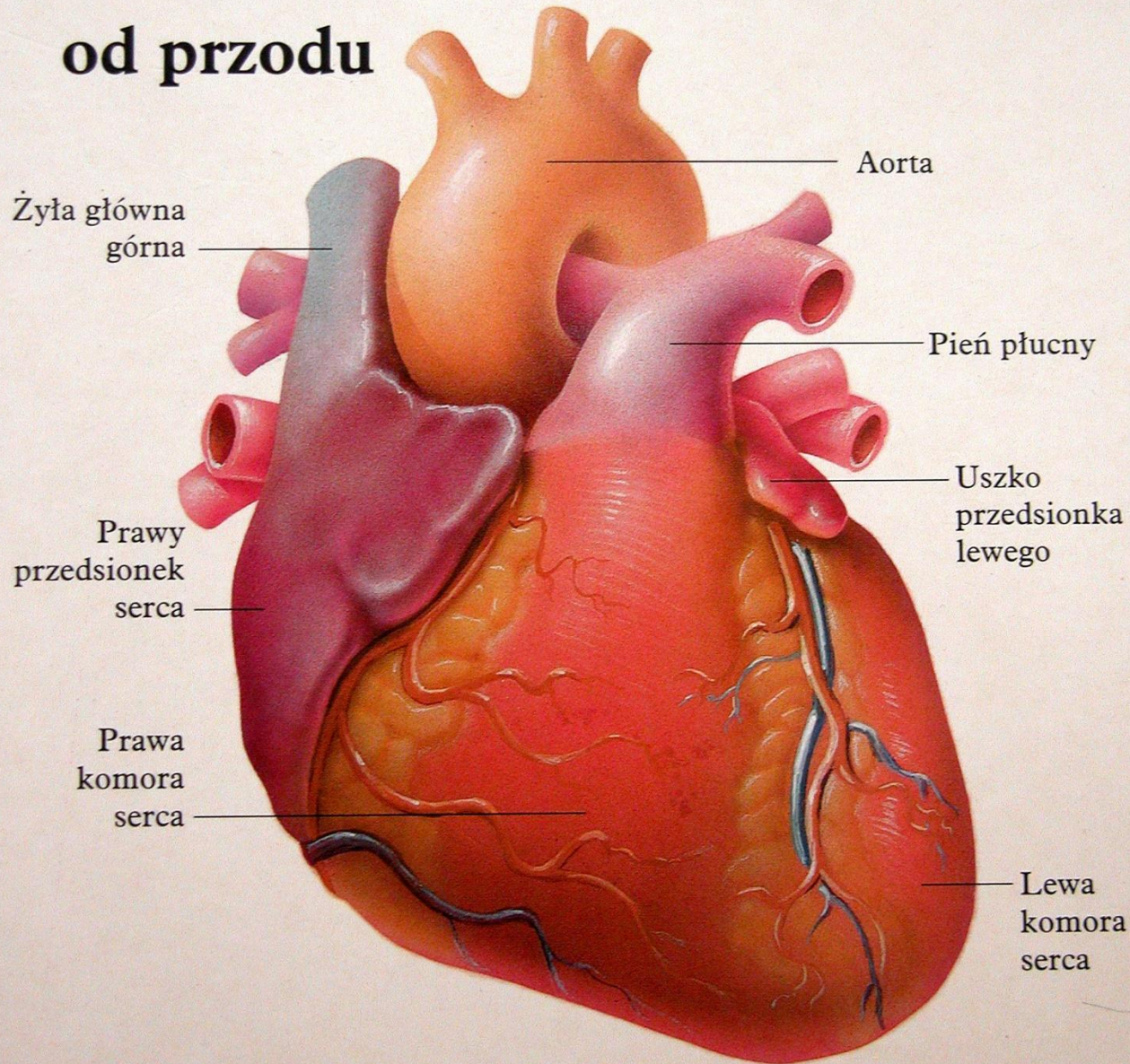
Żyły-rezerwuar krwi

Układy naczyń włosowatych-miejsce
wymiany

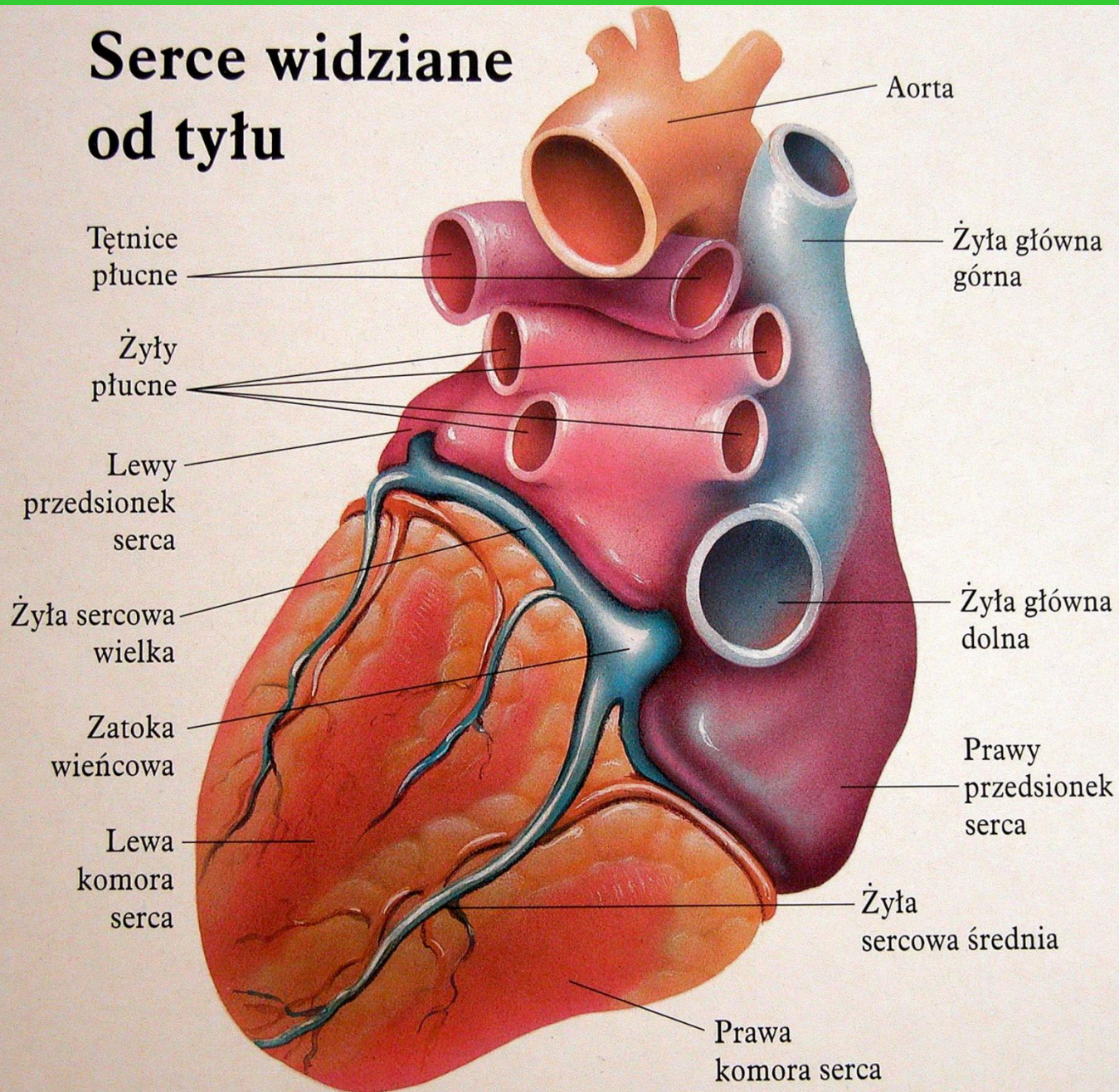
Funkcje układu krążenia

- 1 Utrzymanie przepływu krwi.
- 2 Transport tlenu i dwutlenku węgla.
- 3 Transport substratów.
- 4 Transport produktów przemiany materii.
- 5 Regulacja ciepłoty ciała.
- 6 Transport: płytek krwi, krwinek białych, fibrynogenu, hormonów, przeciwciał,
- 7 Udział w homeostazie

Serce widziane od przodu

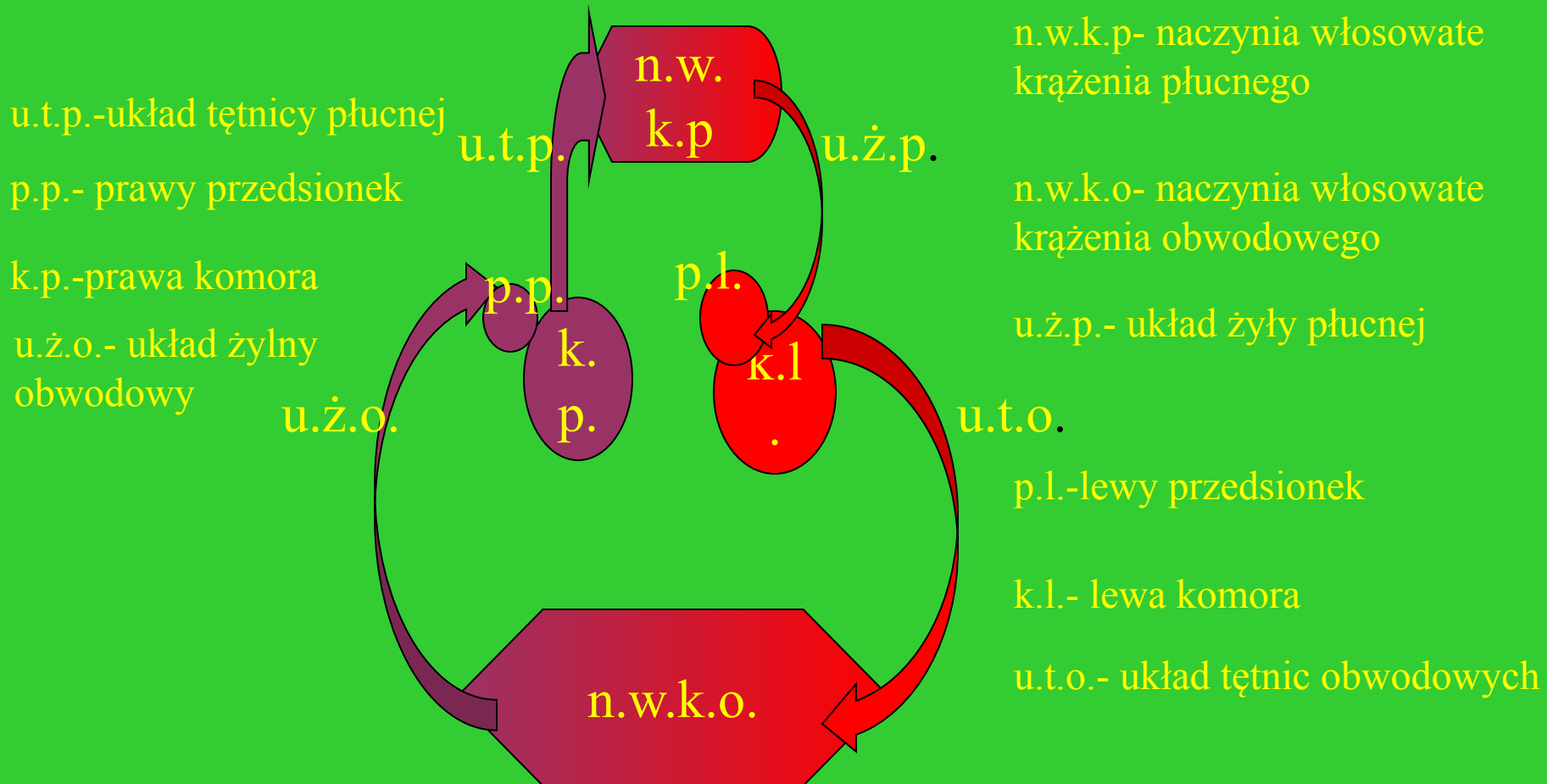


Serce widziane od tyłu



Układ sercowo naczyniowy

- Schemat układu krążenia



u.t.p.-układ tętnicy płucnej

p.p.- prawy przedsionek

k.p.-prawa komora

u.ż.o.- układ żylny obwodowy

u.ż.o.

u.t.p.

p.p.

k.p.

p.

n.w.k.p.

k.p.

p.l.

k.l.

n.w.k.p- naczynia włosowate krążenia płucnego

n.w.k.o- naczynia włosowate krążenia obwodowego

u.ż.p.- układ żyły płucnej

u.t.o.

p.l.-lewy przedsionek

k.l.- lewa komora

u.t.o.- układ tętnic obwodowych

Układ sercowo naczyniowy

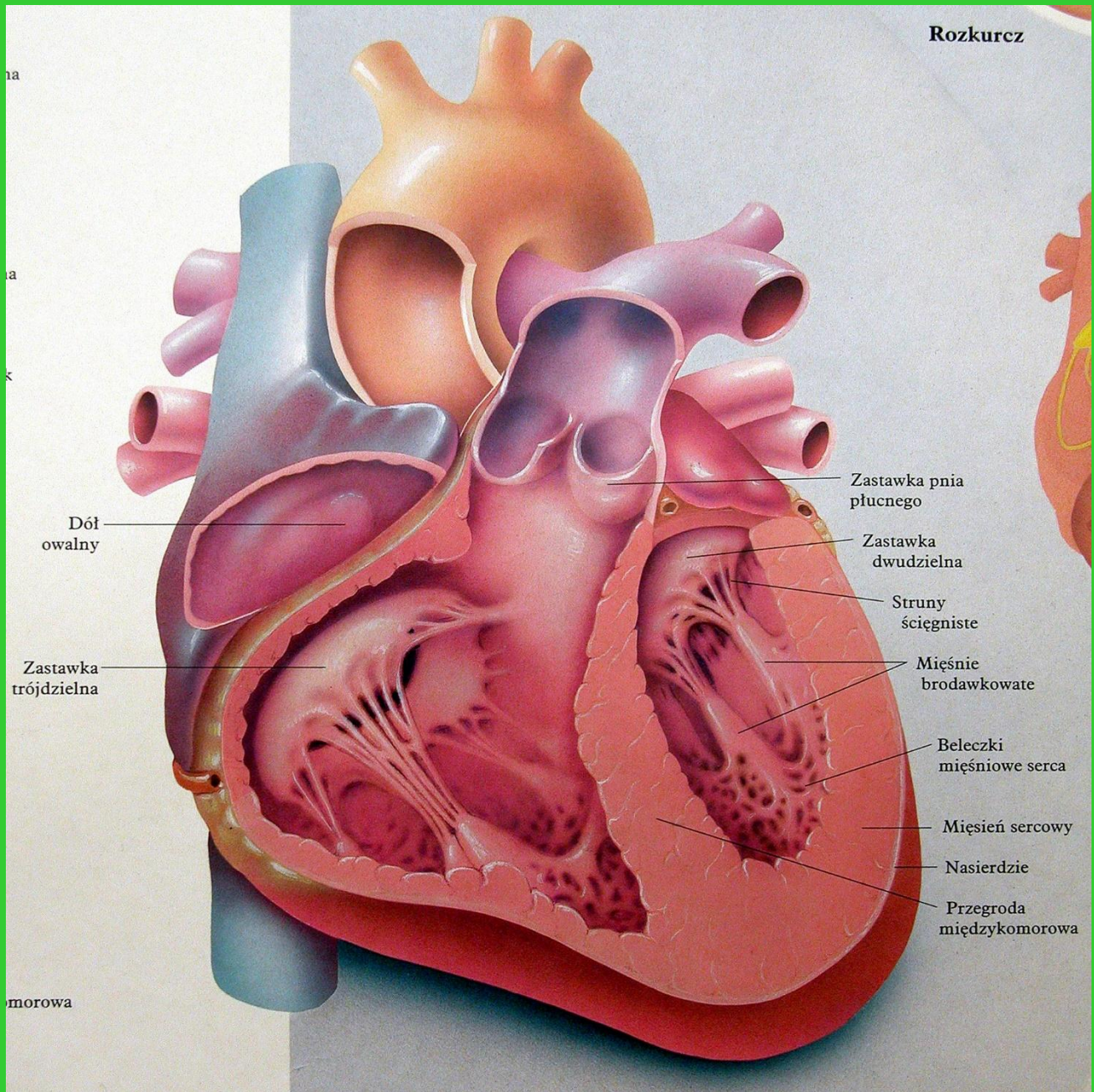
Serce

układ szeregowy czterech „pomp”:

2 objętościowych > przedsionki

2 ciśnieniowych > komory

Rozkurcz



Dół
owalny

Zastawka
trójdzielną

morowa

Zastawka pnia
płucnego

Zastawka
dwudzielna

Struny
ścięgnowe

Mięśnie
brodawkowate

Bełeczki
mięśniowe serca

Mięsień sercowy

Nasierdzie

Przegroda
międzykomorowa

Układ sercowo naczyniowy

Podstawowym zadaniem serca jest:
utrzymywanie odpowiedniego ciśnienia krwi
w tętnicach,
zapewniającego stały jej przepływ przez
układy naczyń włosowatych,
zgodnie z gradientem ciśnienia.

„przetaczanie” krwi pomiędzy zbiornikami układów
krążenia tętniczego i żylnego, dużego i płucnego.

Układ sercowo naczyniowy

Objętość minutowa serca - Q

Ilość krwi przepływająca przez każdą komorę
serca w czasie 1min.

$$Q = SV \times HR$$

SV – objętość wyrzutowa serca

HR – częstość skurczów serca

Przepływ krwi przez krążenie duże jest taki sam jak
przepływ przez krążenie płucne wynosi ok. 5,4 l/min.

Układ sercowo naczyniowy

Objętość krwi oraz średnie ciśnienie w każdym ze zbiorników układu krążenia są inne i zależą od postawy oraz napięcia ścian naczyń krwionośnych.

Ilość krwi przepływająca w spoczynku przez zbiorniki tętnicze i żylnie układów dużego oraz płucnego, w określonej jednostce czasu, jest praktycznie równa.

Układ sercowo naczyniowy

Przepływ krwi przez poszczególne elementy w układzie połączonym szeregowo musi być jednakowy

lewa komora serca > aorta > tętnice >
układ naczyń włosniczkowych > żyły >
prawa komora serca > układ tętnicy płucnej >
układ naczyń włosowatych płuc >
żyły płucne > lewa komora serca

Układ sercowo naczyniowy

Regulacja przepływu odbywa się poprzez:

- zmianę napięcia ściany naczyń
obwodowy opór naczyń,
- pracy mięśnia sercowego
częstość skurczów, objętość wyrzutowa.

Wpływ na szybkość przepływu ma również lepkości krwi „opór wewnętrzny przepływu”

Układ sercowo naczyniowy

W stanach

„zwiększonego zapotrzebowania na krew”

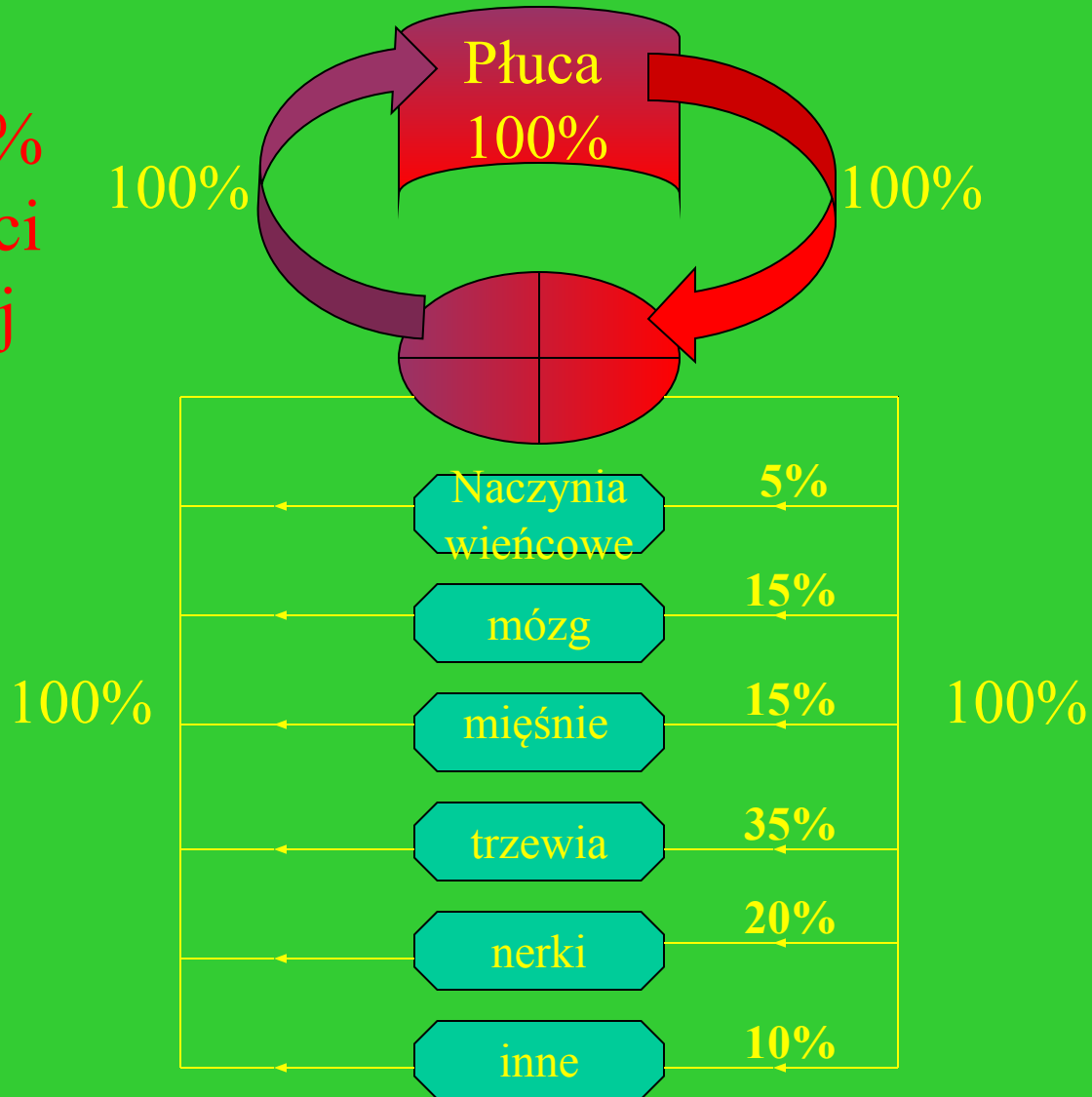
serce przyspiesza częstość skurczów,

zwiększa objętość krwi tłoczonej do

zbiorników tętniczych obydwóch układów

Układ sercowo naczyniowy

Rozdział %
pojemności
minutowej
serca



Układ sercowo naczyniowy

Krew zawarta w układzie tętniczym,
część ciśnieniowa układu krążenia,
stanowi ok. 10-15%
całkowitej objętości krwi krążącej.

Układ sercowo naczyniowy

Zbiornik żylny układu krążenia,
rezerwuar krwi,
zawiera ok. 50% krwi krążącej,
stanowi jego część pojemnościową.

Serce

Miocyty – element czynny m. sercowego
40% populacji ale 75% objętości

Przestrzeń pozamiocytarna – INTERSTINUM
(pozakomórkowa przestrzeń wodna)

fibroblasty, włókna kolagenu, fibronektyny,
elementy ściany naczyń wieńcowych.

(tworzą optymalne warunki w jakich pracują miocyty)

Serce

Elktrofizjologia miocytów to wynik zmian czynnościowych ich błony komórkowej, wynikający z różnicy ładunku elektrycznego powstałego na skutek zmiany gradientu stężeń jonów sodowych i potasowych utrzymywanego przez Na^+ , K^+ , Mg^{++} – ATP -azę (pompę sodowo- potasową), wewnątrz i na zewnątrz komórki, wbrew gradientowi ich stężeń.

Serce

Przestrzeń pozamiocytarna serca:

- włókna kolagenowe i fibronektyny tworzą łącznotkankowy szkielet serca.
- ich geometryczne uporządkowany zrąb otacza miocyty, utrzymując je w pęczkach i warstwach pęczków, łącząc je z pierścieniem ścięgnistym przegrody przedsionkowo-komorowej czy otaczających ujścia tętnic.

Serce

Metabolizm m. sercowego w warunkach fizjologicznych jest wyłącznie tlenowy i oparty o spalanie glukozy do CO_2 i wody.

Substratami energetycznymi m. sercowego są:

- 1- glukoza
- 2- wolne kwasy tłuszczowe
- 3- kwas mlekowy
- 4- ciała ketonowe

Serce

Zjawiska fizyczne związane z czynnością serca:

Elektryczne

czynność bioelektryczna komórek m.sercowego:

depolaryzacja i repolaryzacja

Mechaniczne

skurcz mięśnia przedsionków i komór oraz ruchy serca

Sprzężenie elektromechaniczne

Dźwiękowe

fizjologiczne tony serca oraz patologiczne szmery

Serce

Czynność bioelektryczna serca wyraża się w zdolności do samoistnej rytmicznej depolaryzacji błony komórkowej komórek układu przewodzącego serca oraz mięśnia przedsionków i komór.

Potencjał czynnościowy wyzwalamy skurcz serca pojawia się i rozprzestrzenia począwszy od

węzła zatokowo-predsionkowego

poprzez:

Serce

Pęczki międzywęzłowe

(Bachmana, Wenckebacha, Thorela)

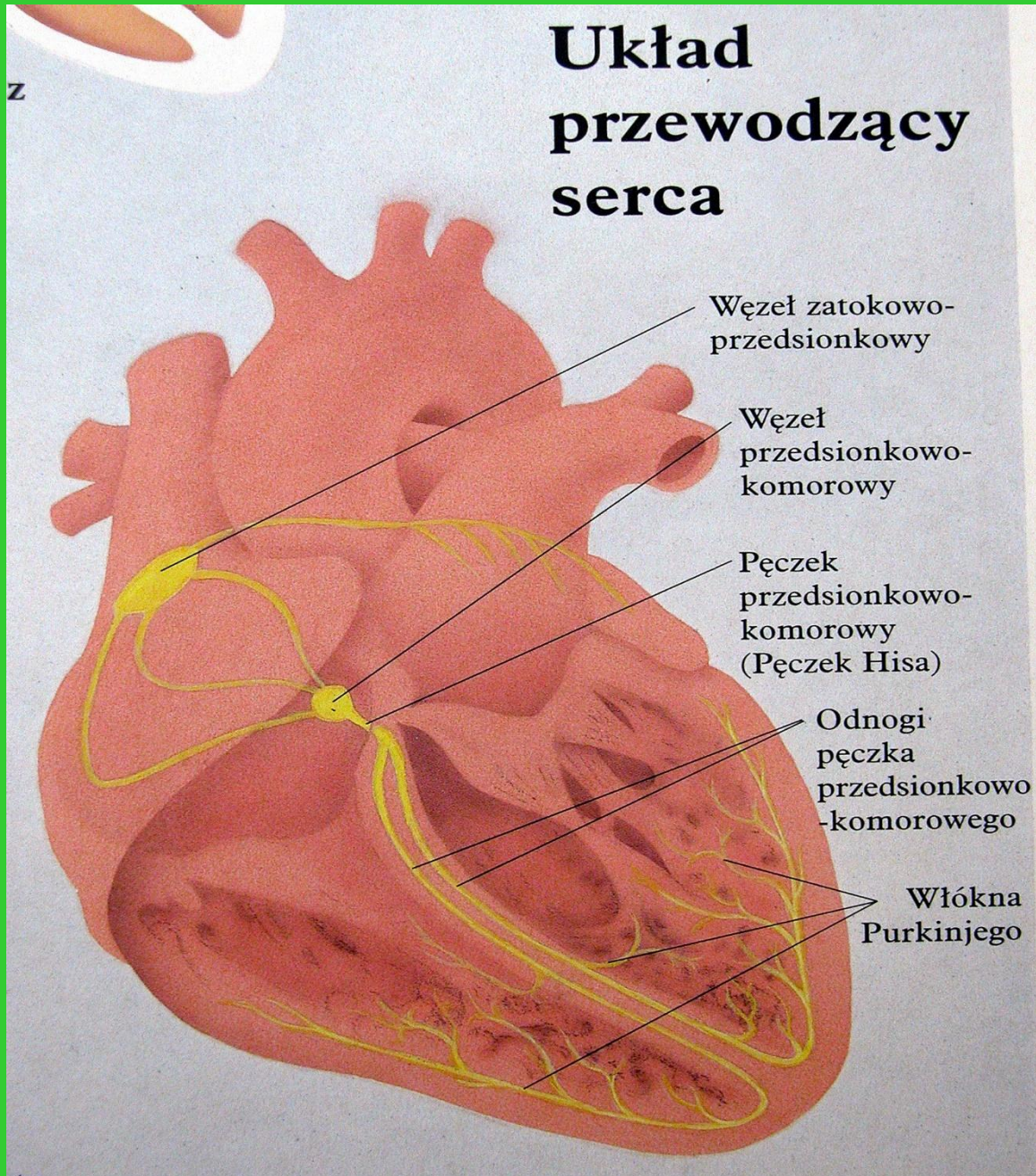
Węzeł przedsionkowo-komorowy,

Pęczek przedsionkowo-komorowy

(Pęczek Hisa)

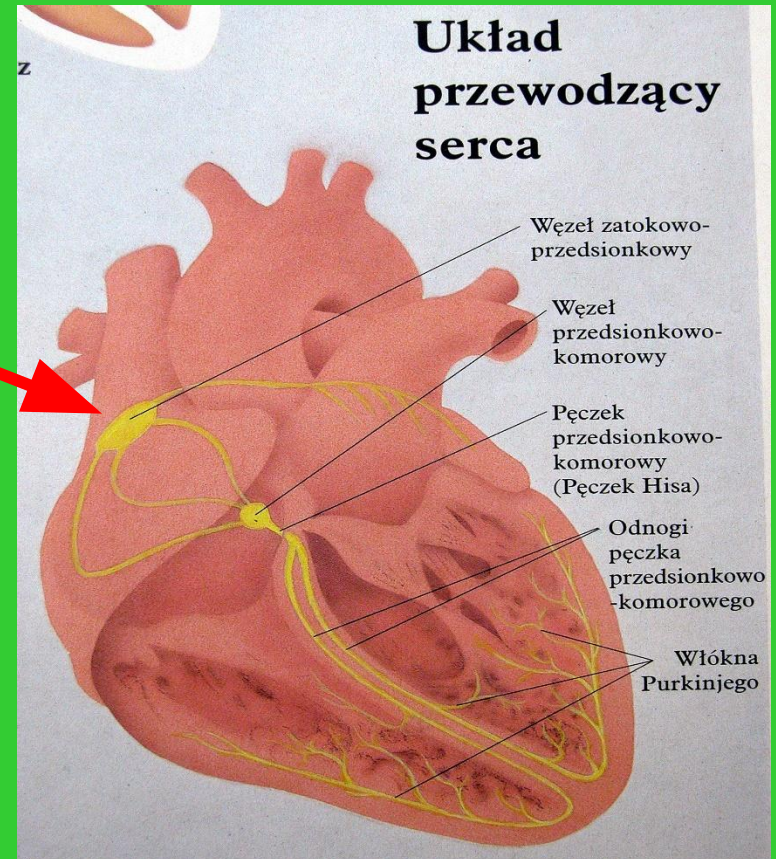
Włókna Purkiniego

Układ przewodzący serca



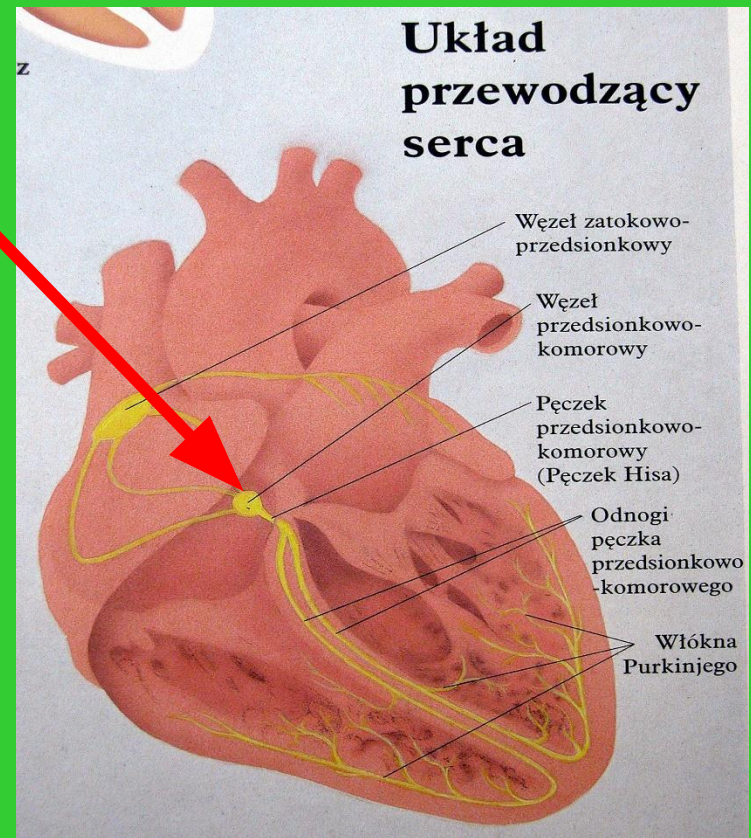
Układ bodźco-przewodzący serca

Pobudzenie mięśnia sercowego rozpoczyna się depolaryzacją błony komórkowej komórek „rozrusznika” – węzła zatokowo-przedsionkowego, z częstością 90-120/ min.



Układ bodźco-przewodzący serca

Węzeł przedsionkowo-komorowy to jedyne elektryczne połączenie pomiędzy mięśniami przedsionków i komórek przewodzących potencjał czynnościowy do mięśnia komór.



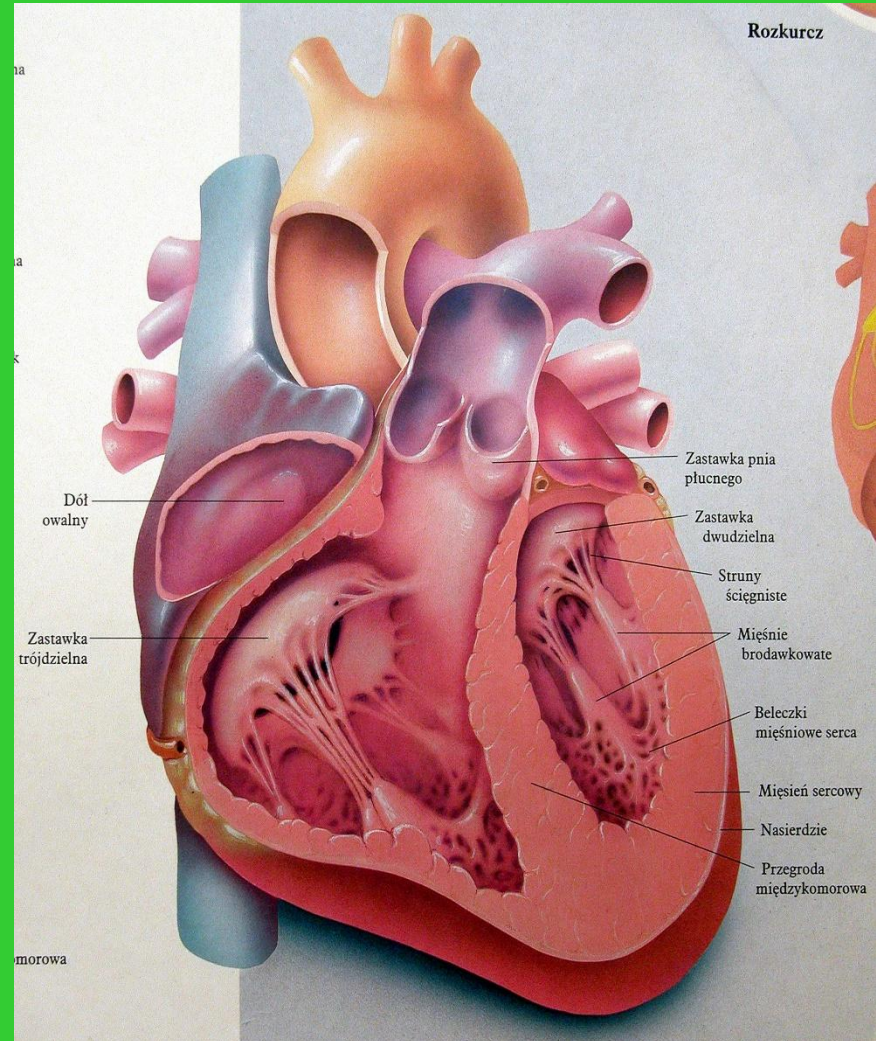
Czynność mechaniczna serca

Syncytium fizjologiczne:
ściśle przyleganie błony komórkowej sąsiadujących komórek poprzez tzw. wstawki, złącza niskooporowe, umożliwiające rozprzestrzenianie się potencjału czynnościowego wywołującego skurcz m.sercowego w określonej kolejności, przedsionki → komory.

Czynność mechaniczna serca

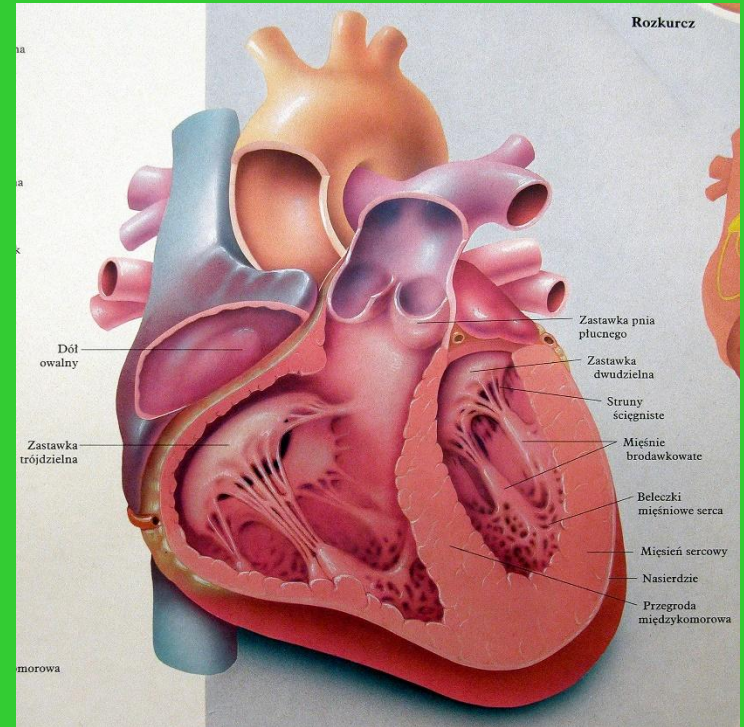
Obecność zastawek, budowa jam serca warunkuje kierunek przepływu krwi oraz odpowiednie ciśnienie skurczowe.

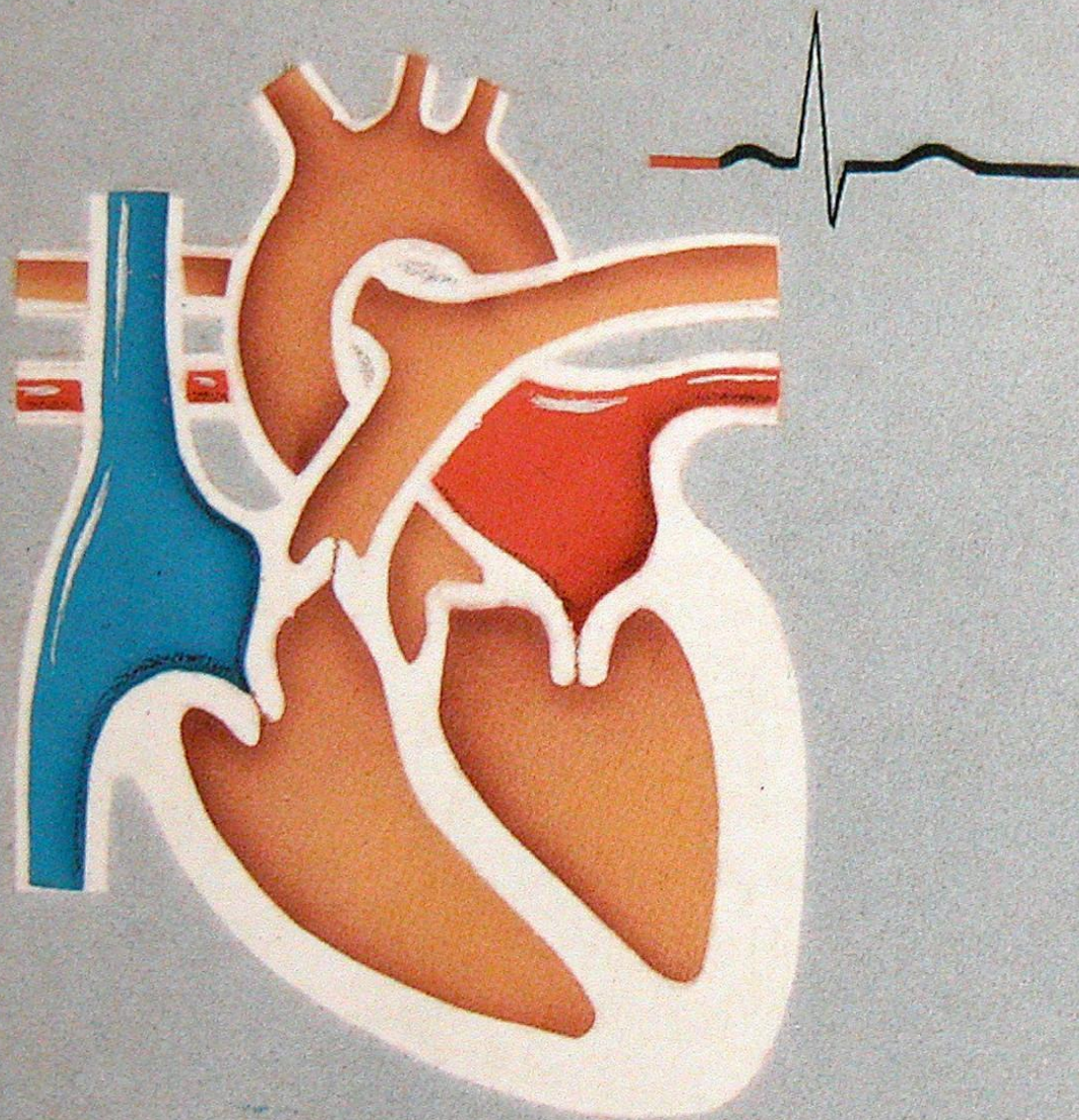
W lewej komorze jest ono pięciokrotnie wyższe od ciśnienia generowanego w komorze prawej.



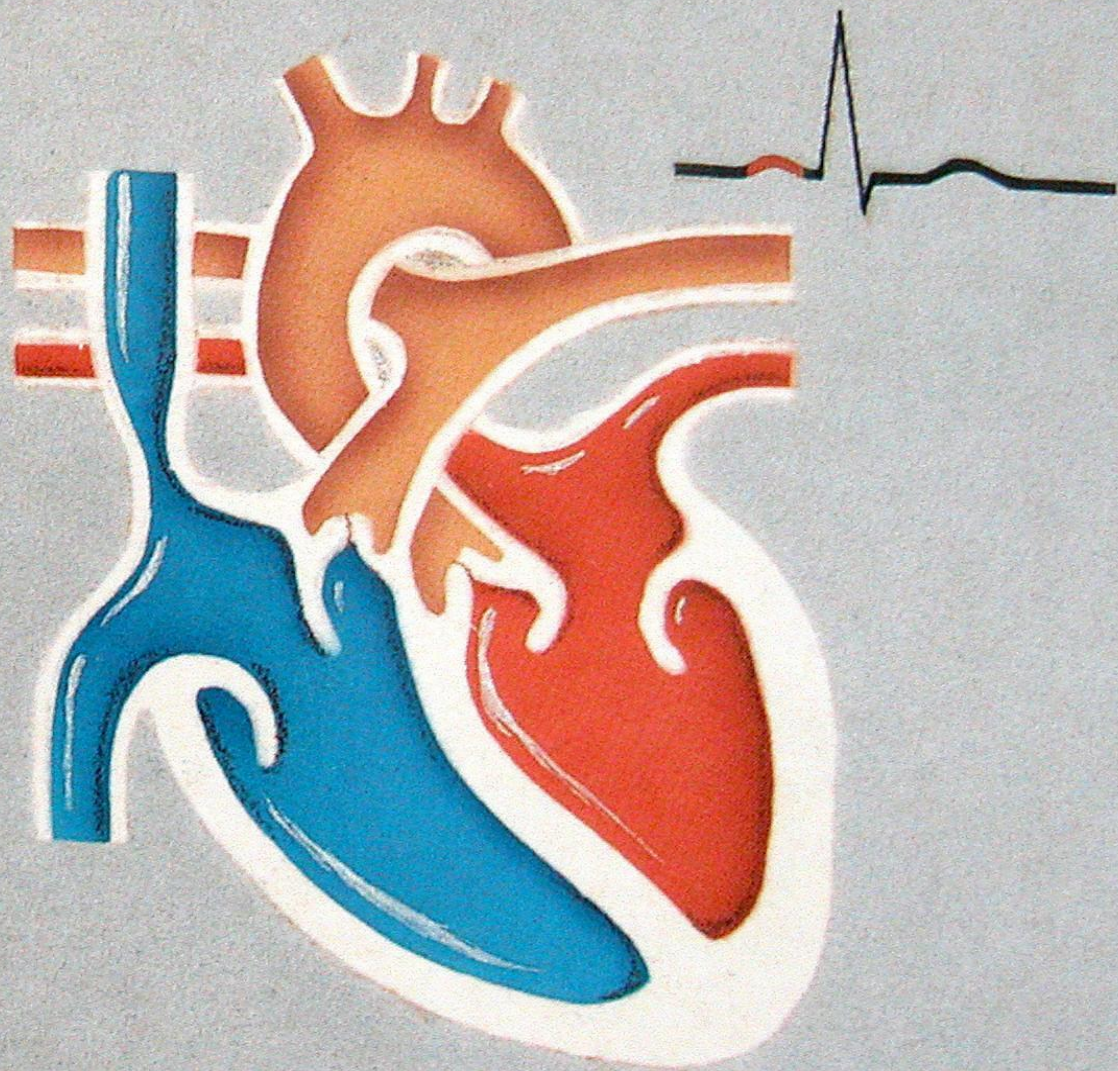
Czynność mechaniczna serca

Kolejność skurczu
poszczególnych części
mięśnia sercowego
oraz obecności zastawek:
trójdzielnej i mitralnej,
półksiężycowatych:
pnia płucnego i aorty,
Powoduje, że krew przepływa do układu
tętniczego krążenia płucnego i dużego.





Rozkurcz



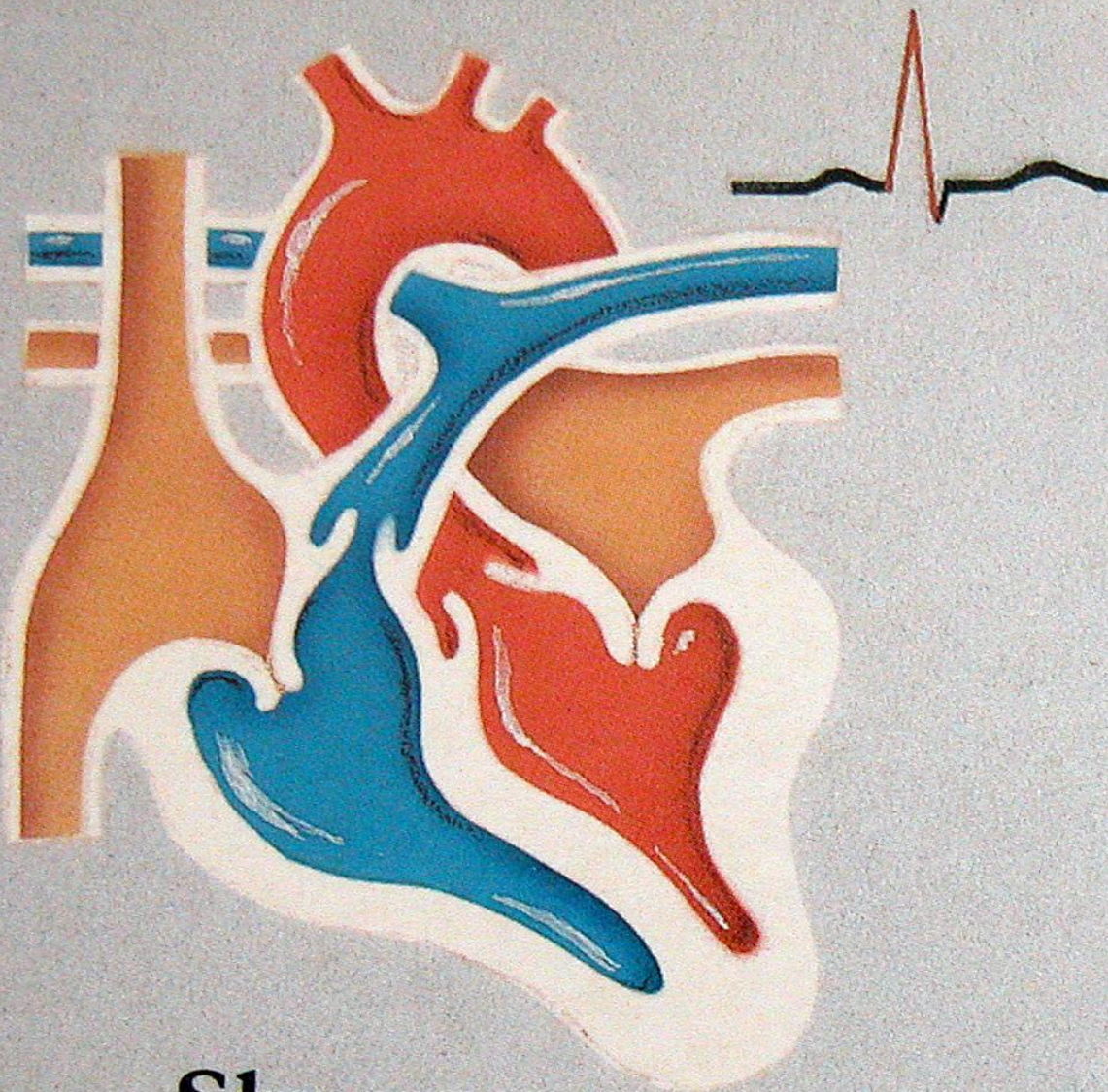
**Skurcz
przedsionków**

Czynność mechaniczna serca

Fazy cyklu pracy serca

Rozkurcz komór, trwa ok.530 ms., wyróżnia się:
okres protodiastoliczny, izowolumetryczny,
szybkiego wypełniania komór, przerwy, skurczu
przedsionków.

Skurcz komór, trwa ok.270 ms., wyróżnia się dwa
okresy: izowolumetryczny i izotoniczny



**Skurcz
komór**

Czynność mechaniczna serca

Faza skurczu komór trwa łącznie ok. 270 ms.

okres izowolumetryczny (50 ms.) wzrasta napięcie mięśniówki komór oraz ciśnienie krwi wewnątrz komór.

okres izotoniczny (220 ms.) krew „wtłaczana” jest przez mięsień komór do układów tętniczych krążenia.

Rozpoczyna się gdy ciśnienie krwi w komorach przewyższa ciśnienie w zbiornikach tętniczych.

Czynność mechaniczna serca

Faza rozkurcz komór

- protodiastoliczny (40 ms.)

spadek ciśnienia krwi wewnątrz komór

- Izowolumetryczny (80 ms.)

rozkurczu izowolumetrycznego mięśnia komór.

Czynność mechaniczna serca

Faza rozkurcz komór

- szybkiego wypełniania komór (110 ms.)
swobodnego napływu krwi z przedsionków,

- przerwy (190 ms.)

- skurczu przedsionków (110 ms.)

skurcz przedsionków wtłacza pewną objętość krwi.

trwa łącznie ok. 530 ms.

Hemodynamika serca

Prawo Starlinga

Siła skurczu mięśnia jest proporcjonalna do stopnia jego rozciągnięcia czyli długości komórek mięśnia sercowego, na który bezpośredni wpływ ma wypełnianie się krwią komór w fazie końcowo rozkurczowej cyklu pracy m. sercowego.

Hemodynamika serca

Objętość wyrzutowa serca

Objętość krwi u dorosłego człowieka, wypływająca z prawej i lewej komory serca w spoczynku, jest prawie równa, wynosi ok. 90 ml.

Hemodynamika serca

Frakcja wyrzutowa

Ilość krwi, która opuszcza komorę serca
w czasie jej jednego skurczu,
fizjologicznie wynosi 50-70%

Hemodynamika serca

Pojemność minutowa

Ilość krwi tłoczona przez komorę serca
w czasie jednej minuty.

U dorosłego człowieka wynosi
ok. 5,4 l/min.

Hemodynamika serca

Wskaźnik sercowy

To pojemność minutowa serca
przeliczona na 1m^2 powierzchni
ciała, wynosi
ok. $3,2\text{ l/min/m}^2$.

Właściwości mięśnia sercowego

Inotropizm, zmiana siły skurczów m.sercowego

Chronotropizm, zmiana częstości skurczów
m. sercowego

Dromotropizm, zdolność do przewodzenia stanu
pobudzenia-depolaryzacji

Batmotropizm, zmiana pobudliwości m.sercowego

Krążenie wieńcowe

Tętnice wieńcowe –

to jedyne naczynia, poprzez które mięsień sercowy jest zaopatrywany w niezbędne składniki metaboliczne.

Niedostateczny przepływ wieńcowy może być przyczyną niedotlenienia mięśnia sercowego.

Krążenie wieńcowe

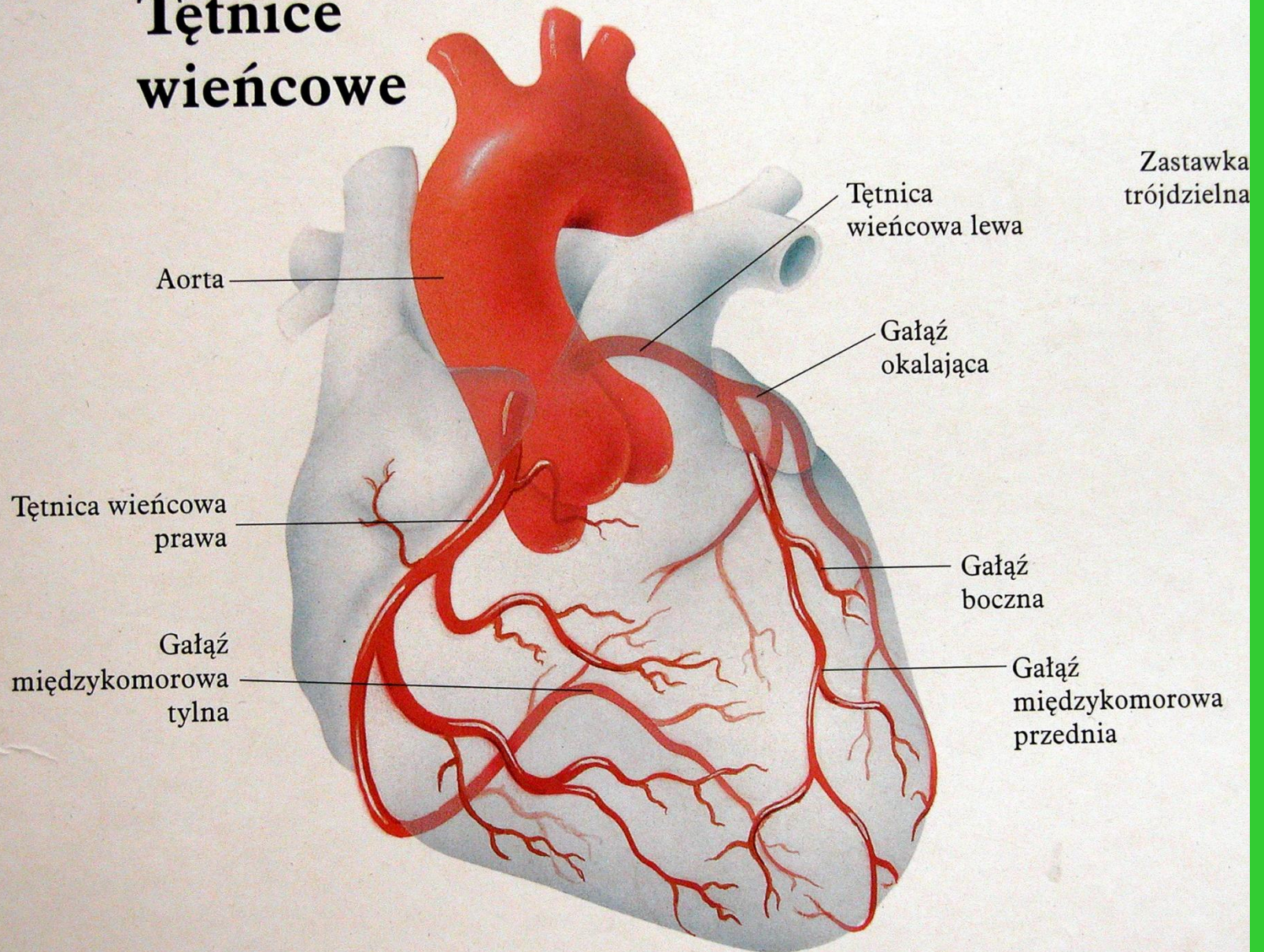
Przepływ krwi przez naczynia wieńcowe wynosi ok. 250 ml/min., dostarczając niezbędnego tlenu, glukozy, mleczanów, pirogronianów, wolnych kwasów tłuszczowych oraz usuwa zbędne produkty przemiany materii.

Krążenie wieńcowe

Przepływ krwi przez lewą tętnicę wieńcową zależy od fazy cyklu pracy serca oraz ciśnienia panującego w aorcie, w okresie skurczu izowolumetrycznego, w początkowej fazie skurczu izotonicznego stopniowo ustaje a krew cofa się do aorty.

W prawej tętnicy wieńcowej przepływ krwi przebiega podobnie, z tą tylko różnicą, że krew nie cofa się do aorty.

Tętnice wieńcowe



Krążenie wieńcowe

Nerwowa regulacja krążenia wieńcowego

Układ przywspółczulny (Acetylocholina) zwiększa przepływ wieńcowy.

Układ współczulny (Adrenalina, Noradrenalina) poprzez pobudzenie α -receptorów naczyń wieńcowych zmniejsza przepływ wieńcowy.

Działając na β_1 -receptory mięśnia sercowego wywołują dodatni efekt chrono i inotropowy przez co zwiększają przepływ wieńcowy.

Krążenie wieńcowe

Humoralna regulacja krążenia wieńcowego

Prostaglandyny PGE 2

Histamina

Adenozyna

Cholina

uwalniane z komórek m. sercowego, w chwili jego niedotlenienia, działają silnie rozkurczająco na błonę mięśniową tętnic wieńcowych.

Prostacyklina PGI 2 uwalniana przez komórki śródbłonna i błony mięśniowej tętnic również zwiększa przepływ wieńcowy

Krążenie wieńcowe

Humoralna regulacja krążenia wieńcowego

Wazopresyna -ADH wykazuje silne działanie kurczące na błonę mięśniową tętnic wieńcowych.

Podobne działanie wykazują :

Tromboksan -TXA₂ uwalniany z płytek krwi

Leukotrieny- LTC₄ i LTD₄ uwalniane z neutrofilów