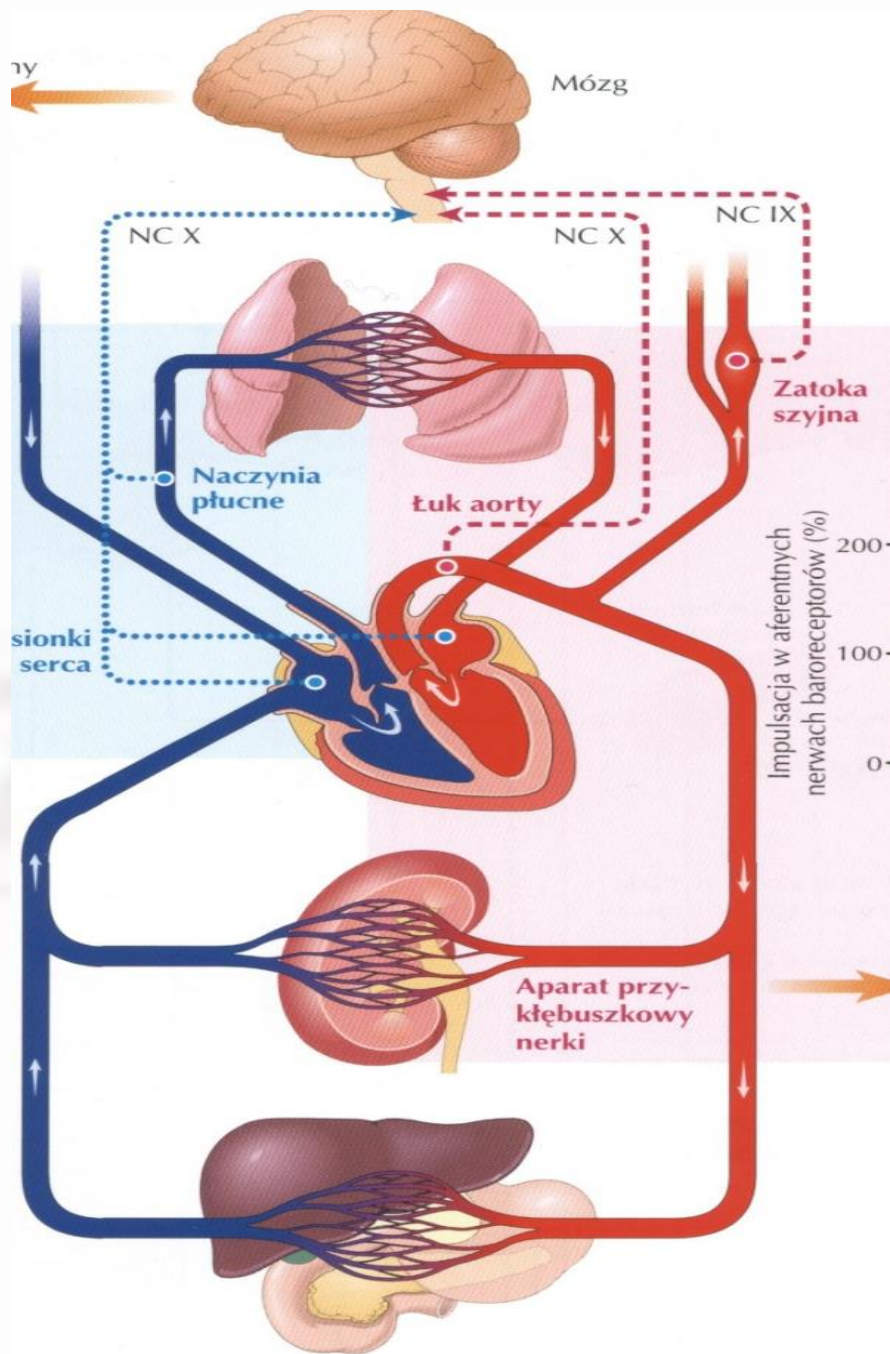




UKŁAD KRAŻENIA SERCE



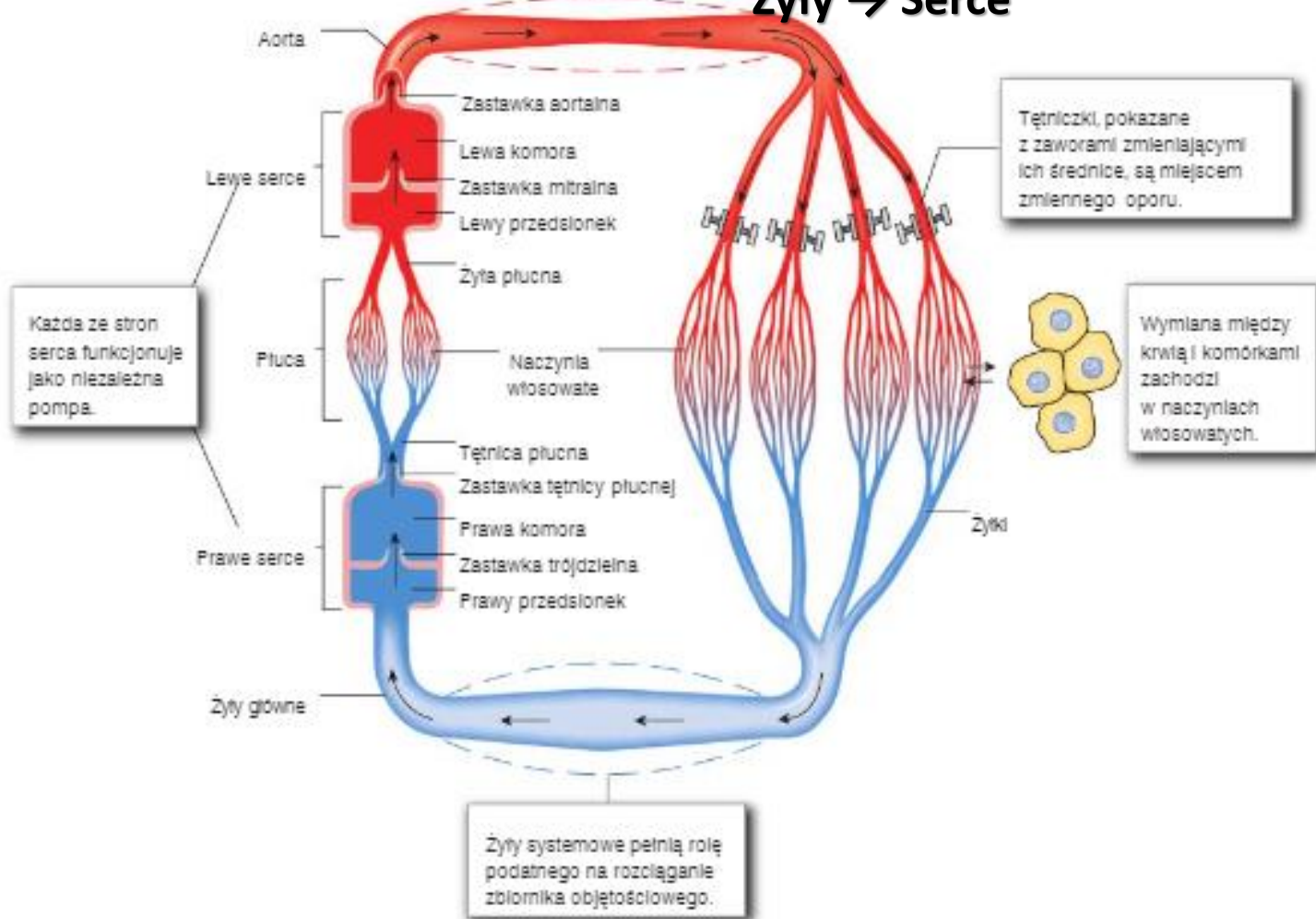
UKŁAD SERCOWO-NACZYNIOWY:

- Serce
- Tętnice i żyły krążenia dużego (zbiornik tętniczy duży, zbiornik żylny duży)
- Tętnice i żyły krążenia małego (zbiornik tętniczy płucny, zbiornik żylny płucny)
- Dwie sieci naczyń włosowatych
- Naczynia krwionośne stanowią układ zamkniętych przewodów
 - Rytmiczne skurcze i rozkurcze serca **wymuszają ruch** krwi w układzie krążenia
 - Serce stanowi rodzaj **pompy**, która nie zużywa energii do napełniania (przedsionki i komory napełniają się w sposób bierny), **serce zużywa energię podczas opróżniania**

Model funkcjonalny układu sercowo-naczyniowego przedstawia serce i naczynia krwionośne w postaci jednej zamkniętej pętli.

Sprężyste tętnice systemowe są zbiornikami ciśnieniowym, który utrzymuje przepływ krwi podczas rozkurczu komorowego.

**Serce → Tętnice sprężyste →
→ Tętnice mięśniowe → Tętniczki →
→ Metarteriole → Kapilary → Żyłki →
Żyły → Serce**



Ściany naczyń krwionośnych różnią się średnicą i budową. Ślupki odzwierciedlają proporcje udziału różnych tkanek. Śródbłonek i leżąca pod nim tkanka sprężysta tworzą wspólnie błonę wewnętrzną. (Według A.O. Burton, *Physiol Rev* 34: 619–642, 1964).

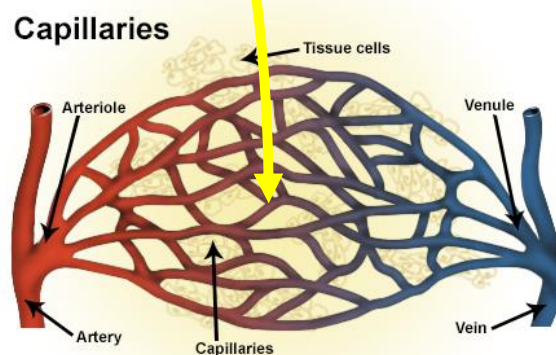
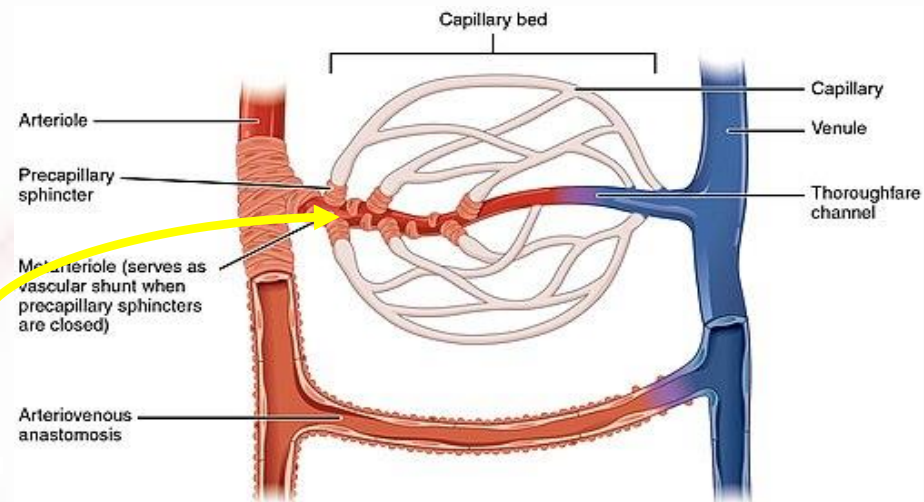
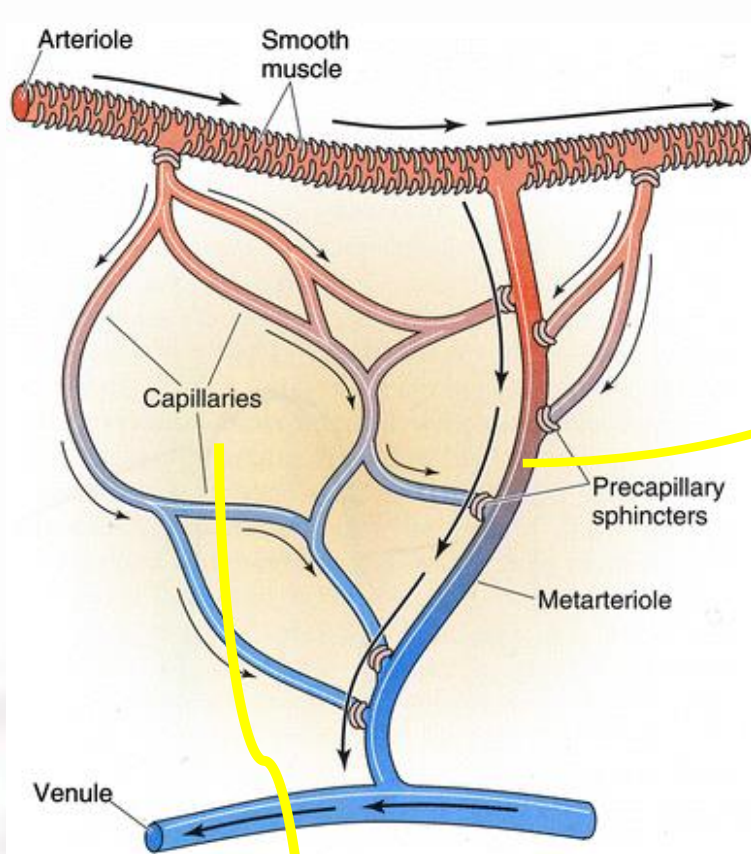
	Średnica	Średnia grubość ściany	Śródbłonek Tkanka sprężysta Mięsień gładki Tkanka włóknista	
Tętnica	0,1–10+ mm	1,0 mm		
Tętniarka	10–100 μm	6,0 μm		
Naczynie włosowate	4–10 μm	0,6 μm		
Żyłka	10–100 μm	1,0 μm		
Żyła	0,1–100+ mm	0,6 mm		

Rezerwuar ciśnieniowy układu krążenia: ciśnienie wytwarzane przez skurcz lewej komory jest magazynowane **w sprężystych ścianach tętnic**. Ten mechanizm utrzymuje stałe ciśnienie napędowe dla przepływu krwi podczas rozkurczu komorowego

Wysokooporowe ujście dla tętniczego przepływu krwi

Nieszczelny śródbłonek umożliwia wymianę pomiędzy osoczem a płynem śródmiąższowym i komórkami ciała

Żyły pełnią funkcję **rezerwuaru objętościowego**



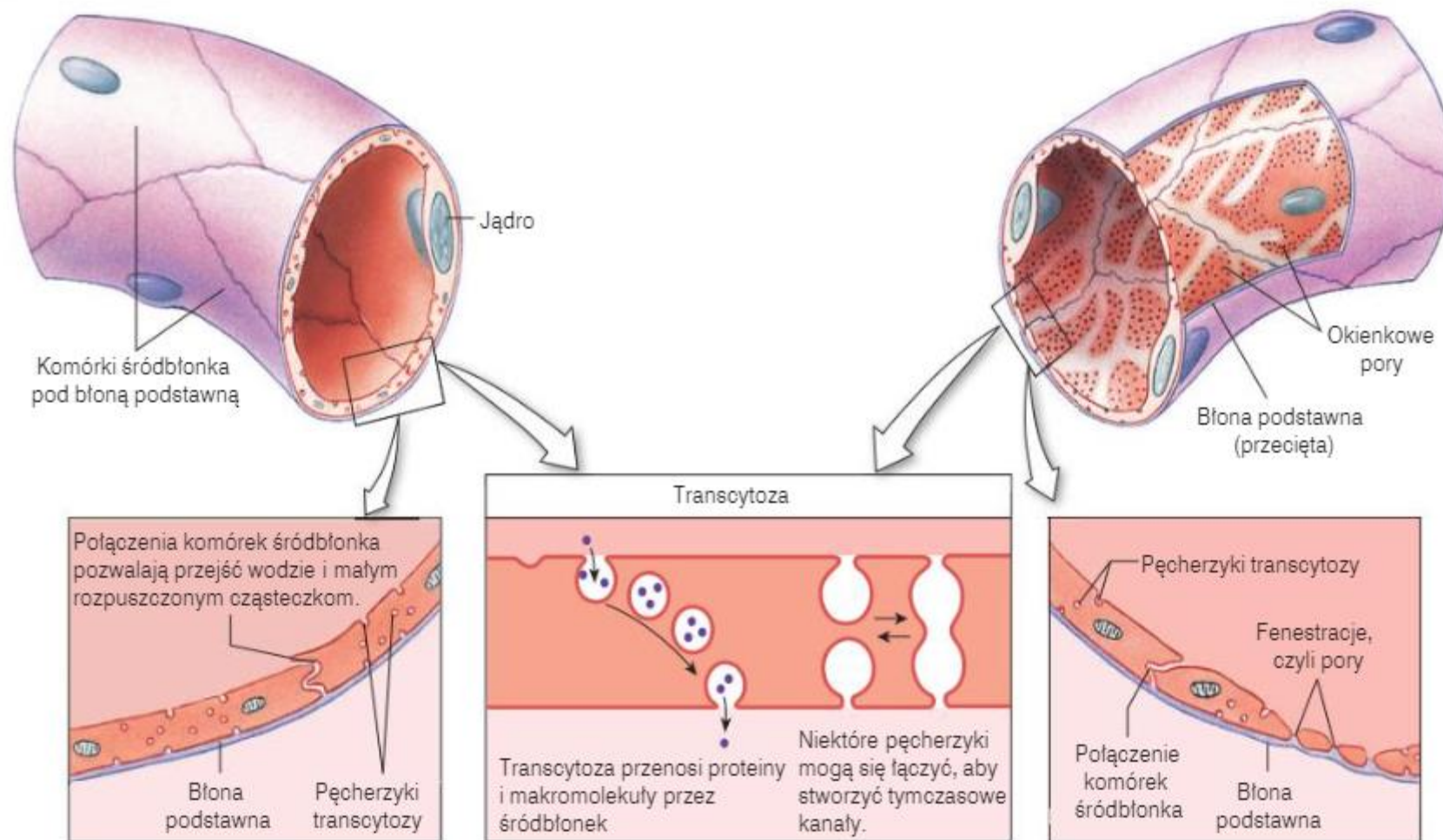
- **Metarteriola to naczynie, które wychodzi z tętniczki i zaopatruje grupę od 10 do 100 naczyń włosowatych.** Zarówno tętniczka, jak i proksymalna część metarterioli są otoczone **włóknami mięśni gładkich**, których skurcze i rozkurcze regulują przepływ krwi przez łożysko naczyń włosowatych.
- Zazwyczaj krew przepływa przez łożysko naczyń włosowatych okresowo ze względu na okresowe skurcze mięśni gładkich (5-10 razy na minutę, ruch naczyń), które są regulowane zarówno lokalnie (metabolicznie), jak i przez układ współczulny.

- **Naczynia włosowate znajdują się pomiędzy tętniczkami i żyłkami lub je łączą.**
- **Naczynia włosowate tworzą rozległe sieci rozgałęzień, które znacząco zwiększają powierzchnię dostępną dla szybkiej wymiany cząsteczek.**

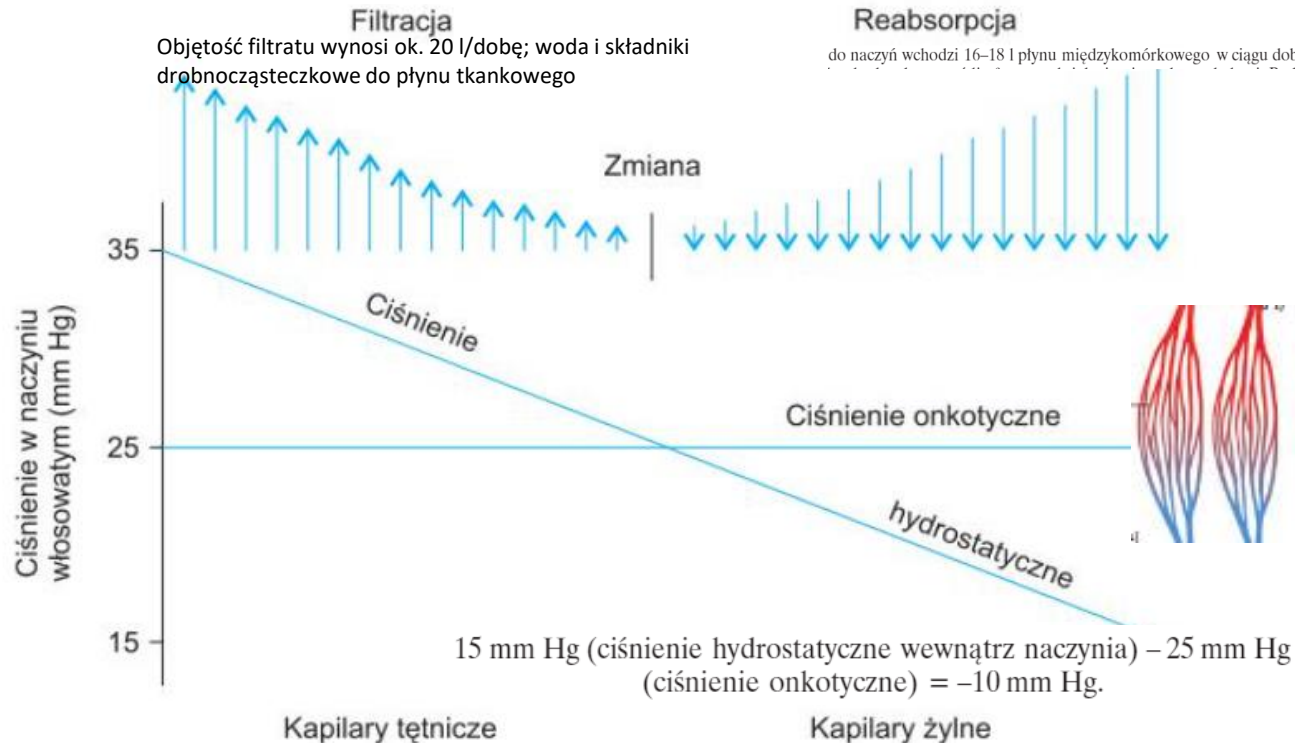
RYC. 12.16 Naczynia włosowate

(a) Naczynia włosowate o budowie ciągłej mają nieszczelne złącza.

(b) Naczynia włosowate o budowie okienkowej mają wielkie pory.

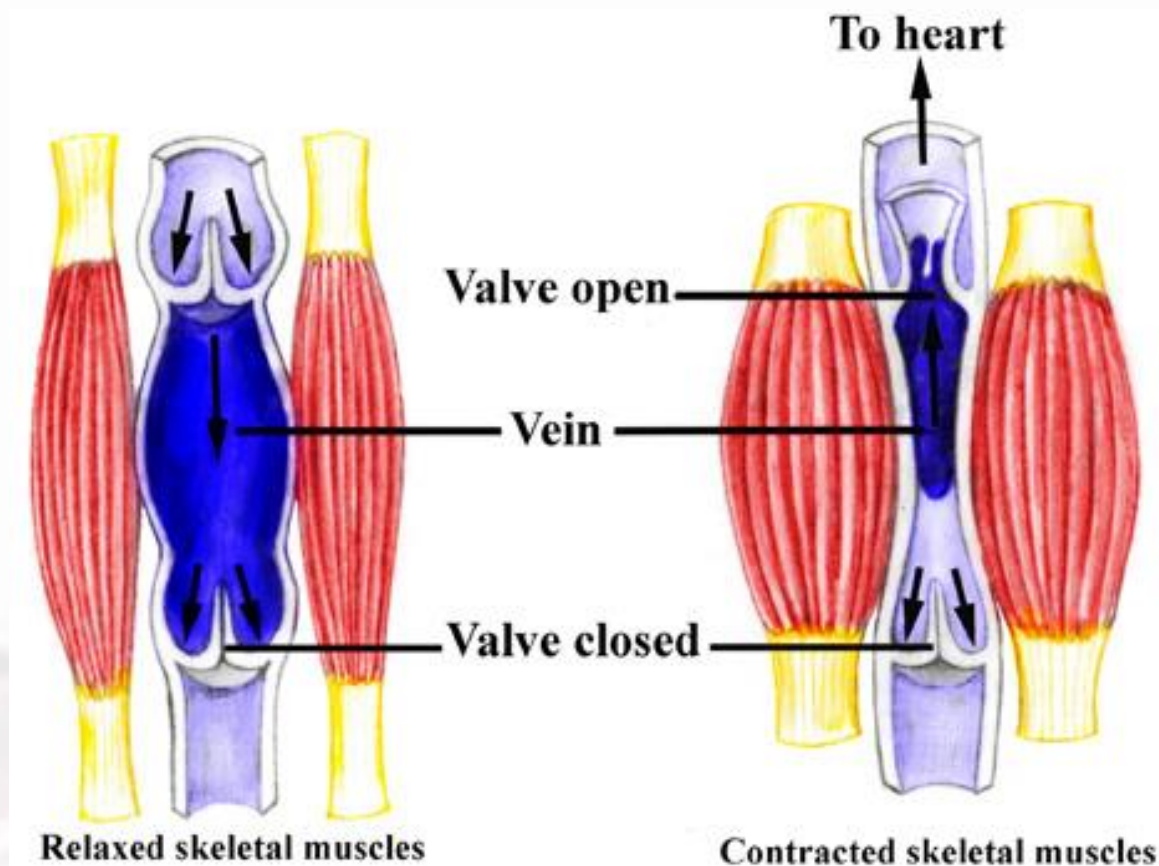


35 mm Hg (ciśnienie hydrostatyczne wewnątrz naczynia) – 25 mm Hg (ciśnienie onkotyczne) = 10 mm Hg



Ciśnienie hydrostatyczne – jest to ciśnienie słupa wody oddziaływujące na ciało powodowane przez grawitację

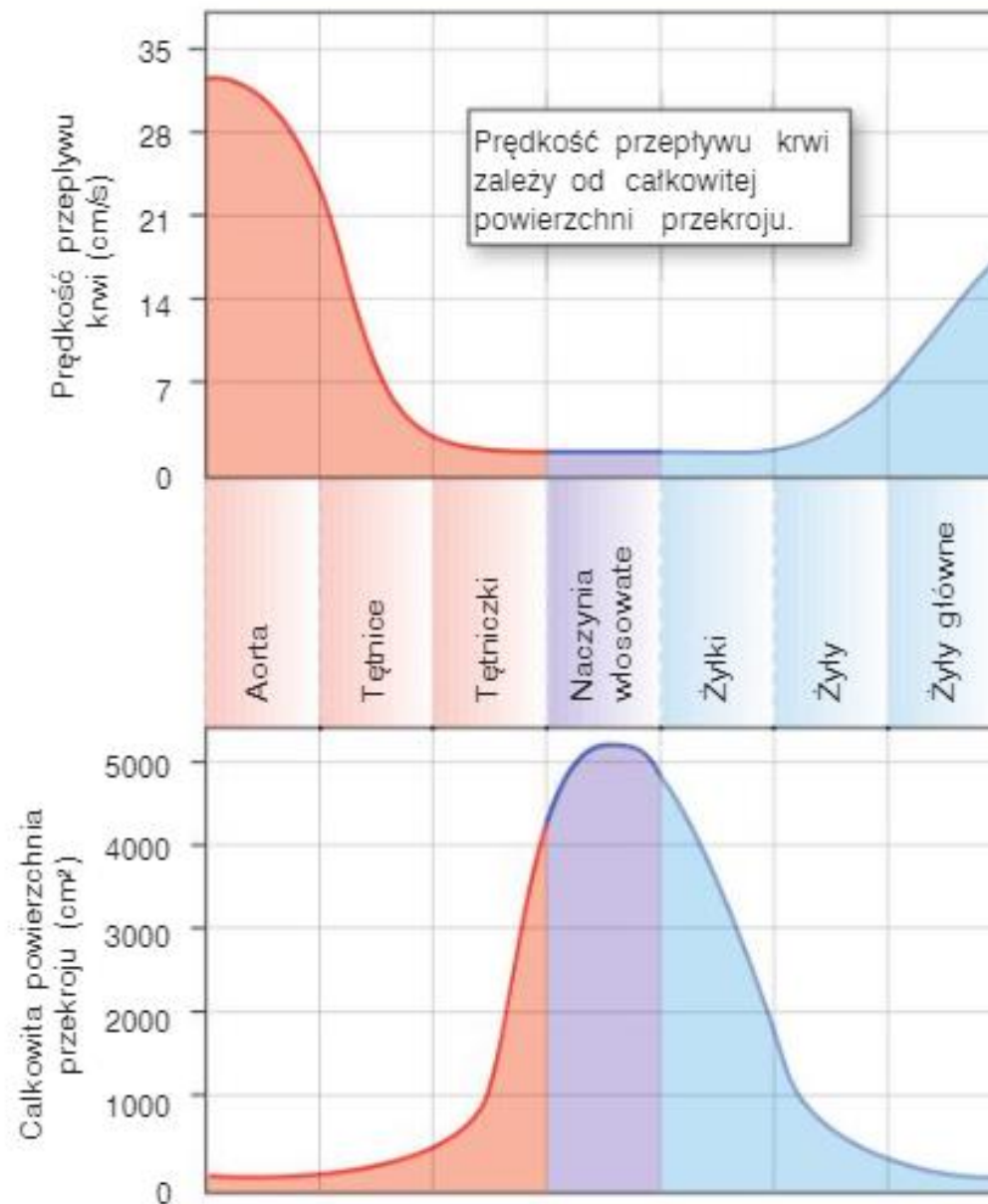
Ryc. 8.16. Filtracja i reabsorpcja. W naczyniu włosowatym tętniczym ciśnienie hydrostatyczne jest większe niż ciśnienie onkotyczne i zachodzi proces filtracji. Jego intensywność maleje w miarę zmniejszania się ciśnienia hydrostatycznego. W naczyniu włosowatym żylnym ciśnienie hydrostatyczne jest niższe od ciśnienia onkotycznego i zachodzi proces reabsorpcji. Jego intensywność rośnie w miarę oddalania się od naczynia włosowatego tętniczego, a więc w miarę spadku ciśnienia hydrostatycznego.



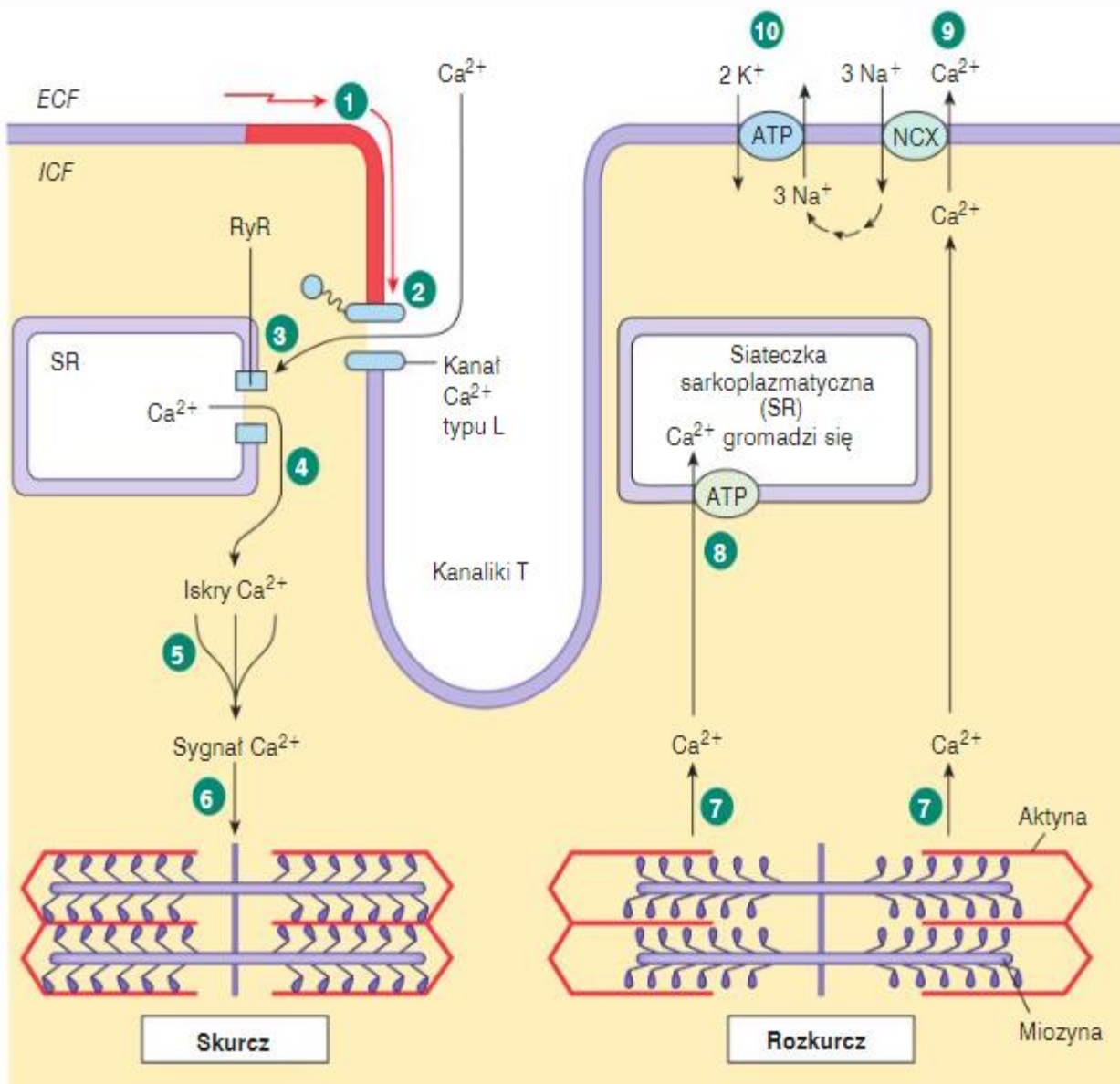
<http://www.umn.edu/>

Ponieważ ciśnienie krwi w żyłach jest zazwyczaj niskie, **zastawki te odgrywają ważną rolę we wspomaganiu powrotu żylnego**, zapobiegając cofaniu się krwi (co jest szczególnie istotne u osób w pozycji stojącej).

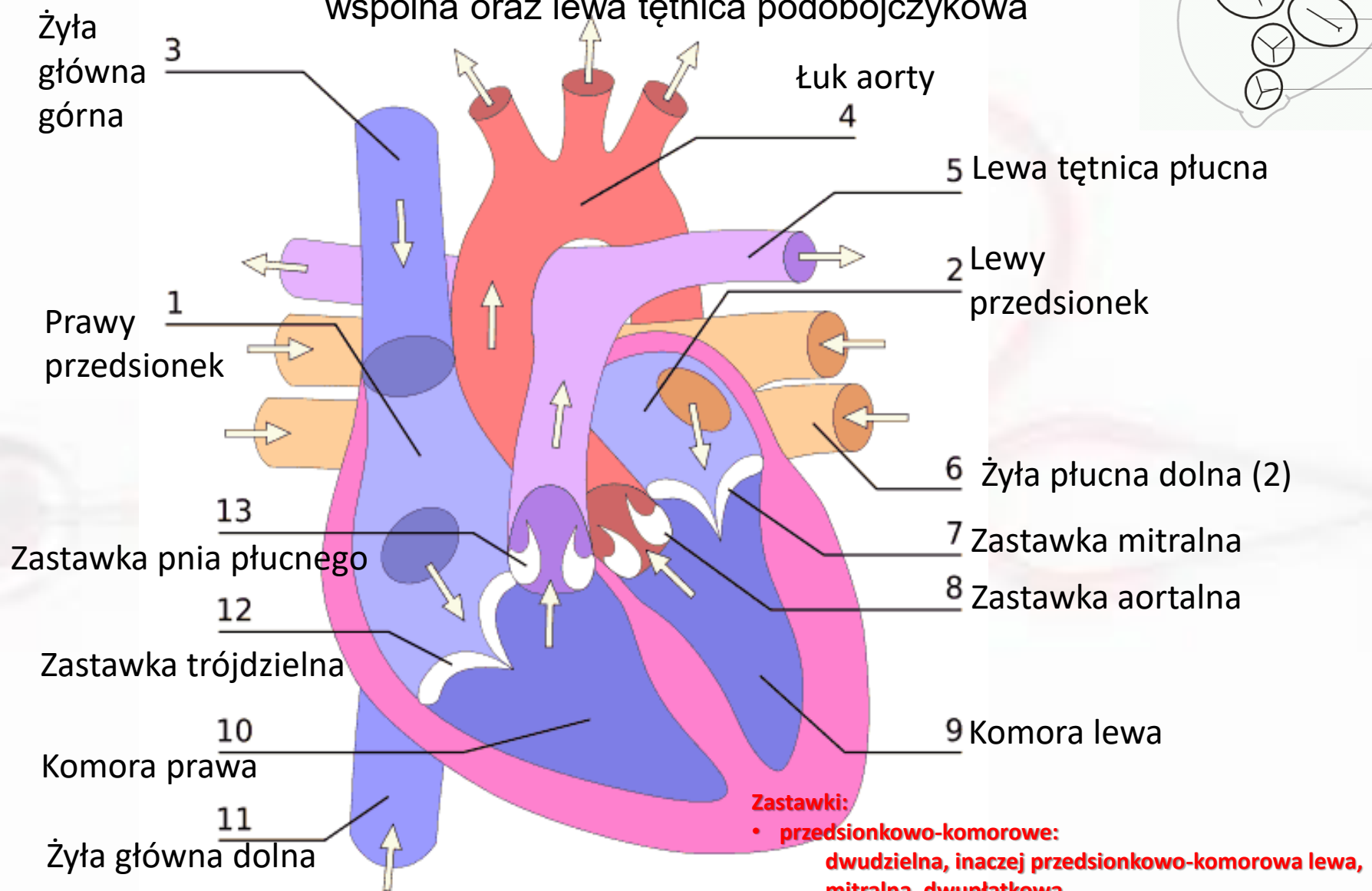
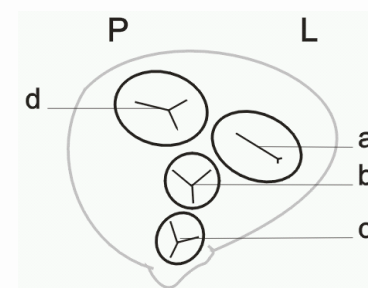
Skurcze mięśni szkieletowych wspomagają powrót krwi do serca – działając jak **pompa mięśniowa**. Podczas stania w spoczynku, **rozluźniona żyła działa jak zbiornik krwi**; **skurcze mięśni** kończyn nie tylko zmniejszają rozmiar tego zbiornika (średnicę żyły), ale także **aktywnie wymuszają powrót** większej ilości krwi do serca. Wzrost przepływu krwi spowodowany skurczami dotyczy wyłącznie serca, ze względu na zastawki w żyłach.

RYC. 12.17**Prędkość przepływu krwi**

MECHANIZM SKURCZU MIĘŚNIA SERCOWEGO

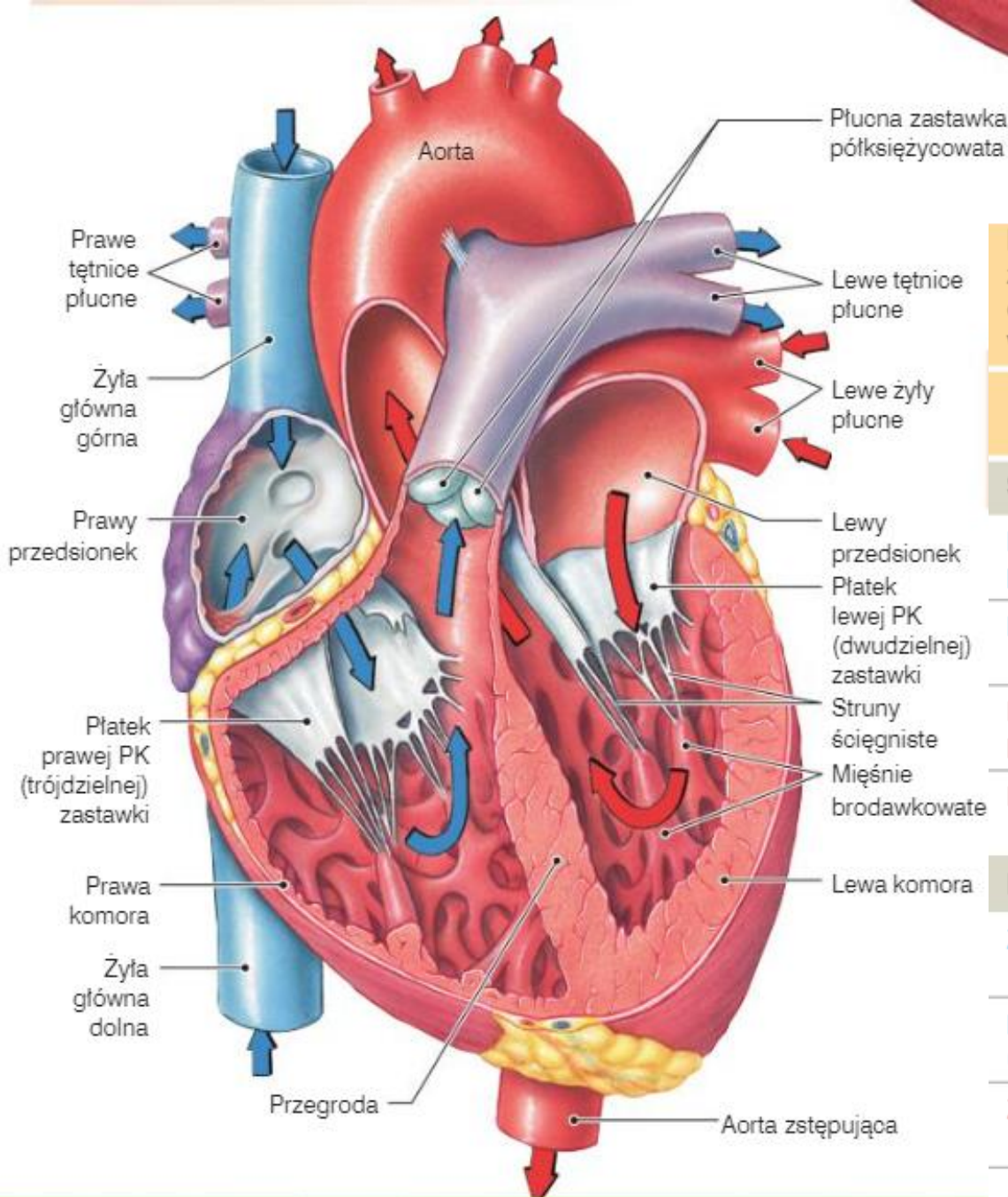


Pień ramienno-główny, lewa tętnica szyjna
wspólna oraz lewa tętnica podobojczykowa



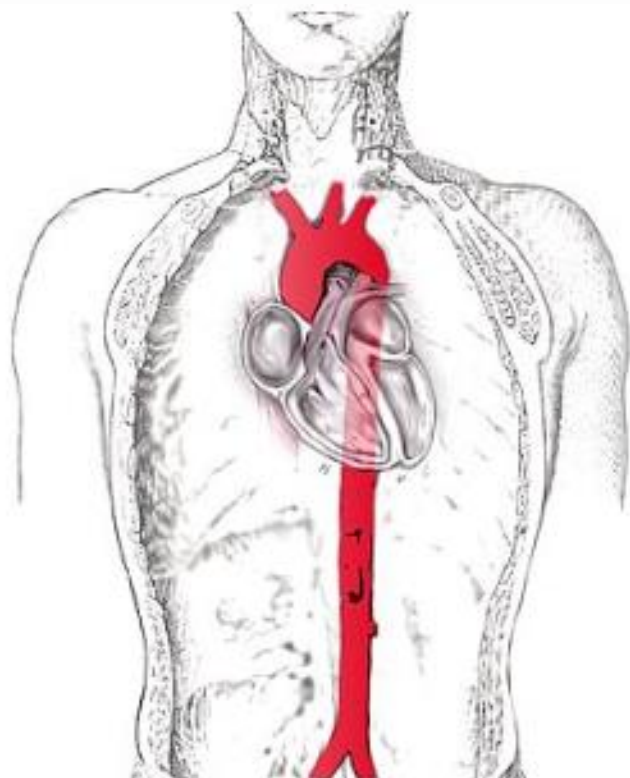
Zastawki:

- **przedsionkowo-komorowe:**
dwudzielna, inaczej przedsionkowo-komorowa lewa,
mitralna, dwupłatkowa
trójdzielna, inaczej przedsionkowo-komorowa prawa,
trójpłatkowa
- **półksiężycowate:** aorty i pnia płucnego

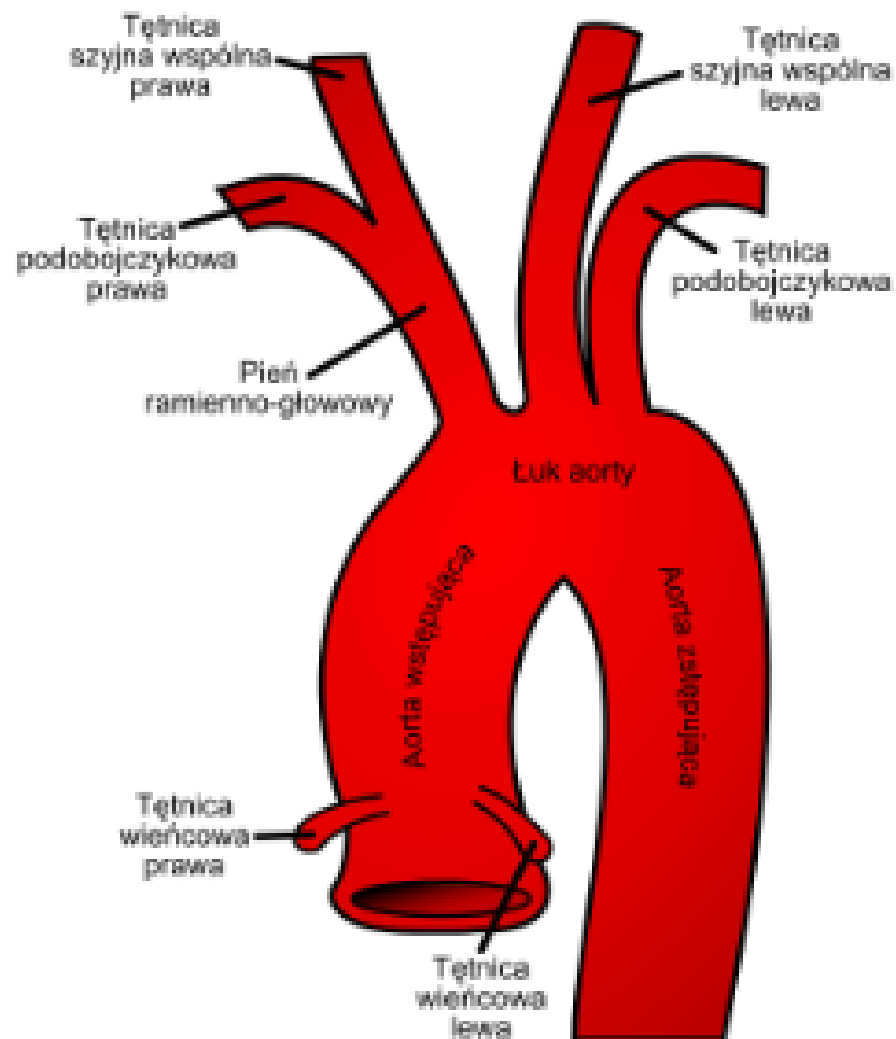


Niebieska czcionka wskazuje na struktury zawierające krew z niższą zawartością tlenu; czerwona czcionka wskazuje na krew dobrze wysyconą tlenem.

	Otrzymuje krew z	Wysyła krew do
Serce		
Prawy przedsionek	Żyły główne	Prawa komora
Prawa komora	Prawy przedsionek	Płuca
Lewy przedsionek	Żyły płucne	Lewa komora
Lewa komora	Lewy przedsionek	Wszystkie tkanki z wyjątkiem płuc
Naczynia		
Żyły główne	Żyły systemowe	Prawy przedsionek
Pień płucny (tętnica)	Prawa komora	Płuca
Żyła płucna	Żyły płuc	Lewy przedsionek
Aorta	Lewa komora	Tętnice systemowe



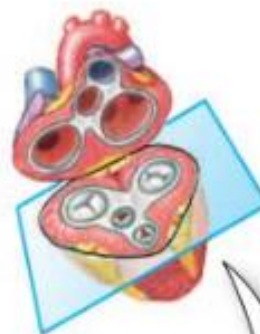
Lokalizacja aorty



Schemat bliższego odcinka aorty i jej gałęzi.
Zaznaczono obie tętnice podobojczykowe



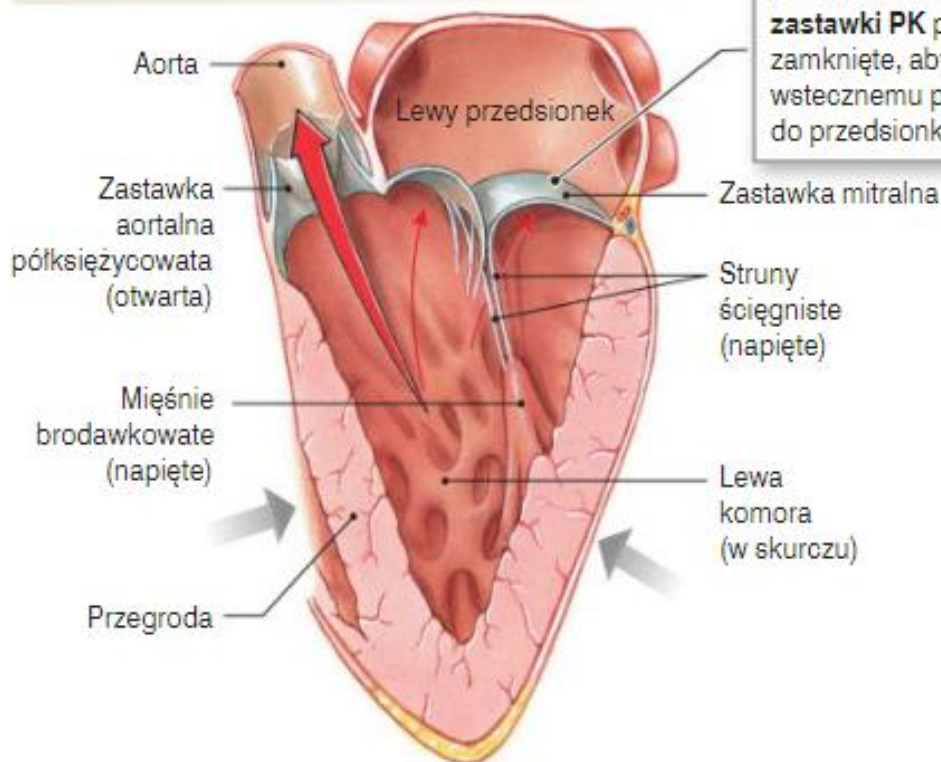
Przekrój podłużny pokazuje zarówno lewą zastawkę PK (mitralną), jak i półksiężycowatą zastawkę aortalną.



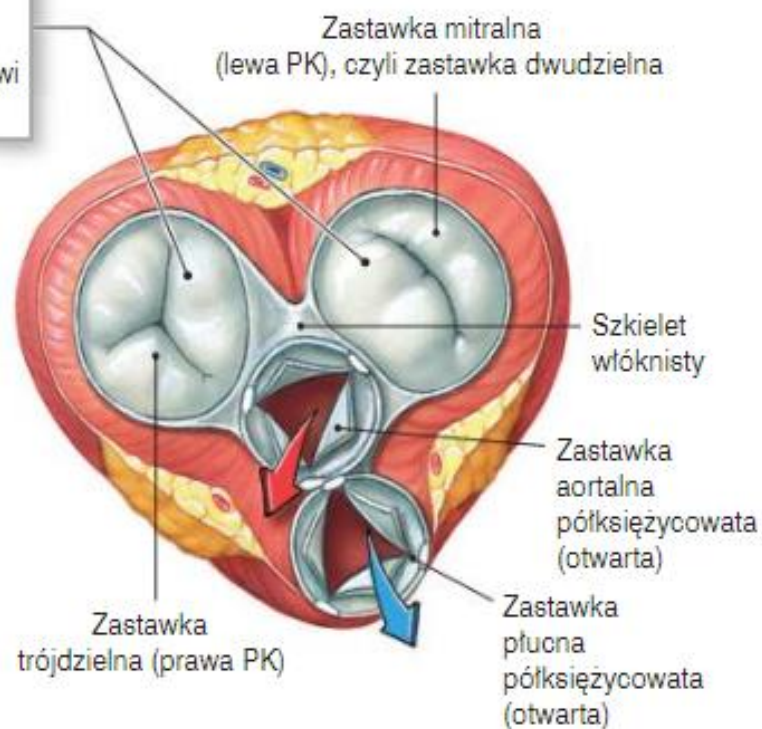
Przekrój poprzeczny pokazuje zastawki PK widziane od strony przedsionków oraz zastawki półksiężycowate widziane od strony wnętrza aorty i tętnicy płucnej.

SKURCZ KOMÓR

(a) Przekrój czołowy

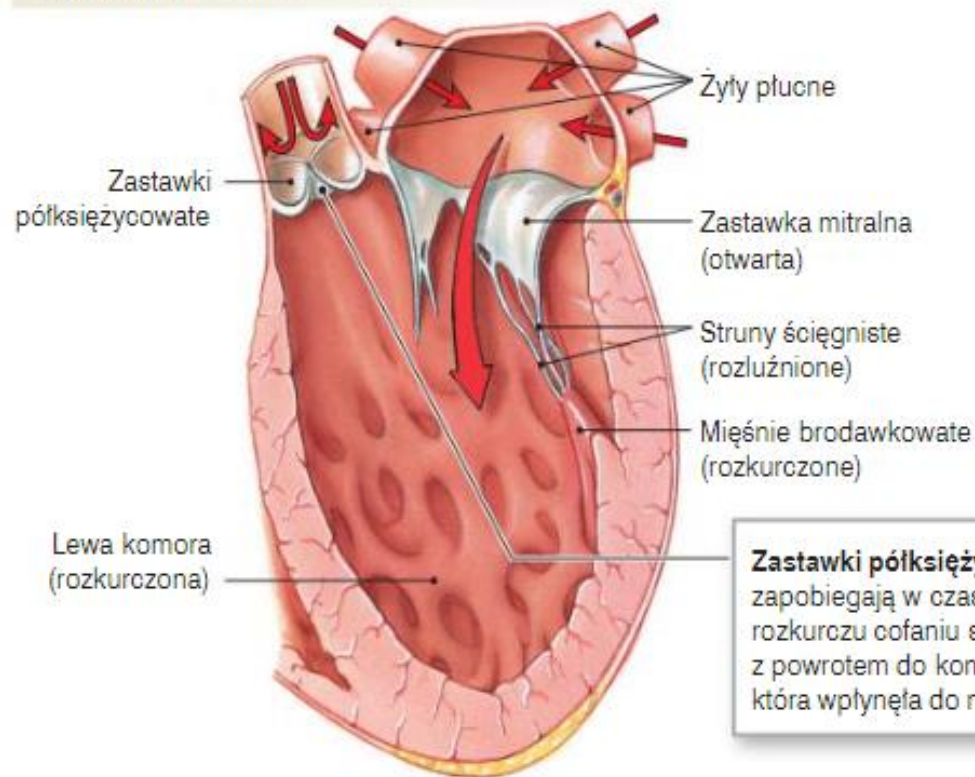


(b) Przekrój poprzeczny



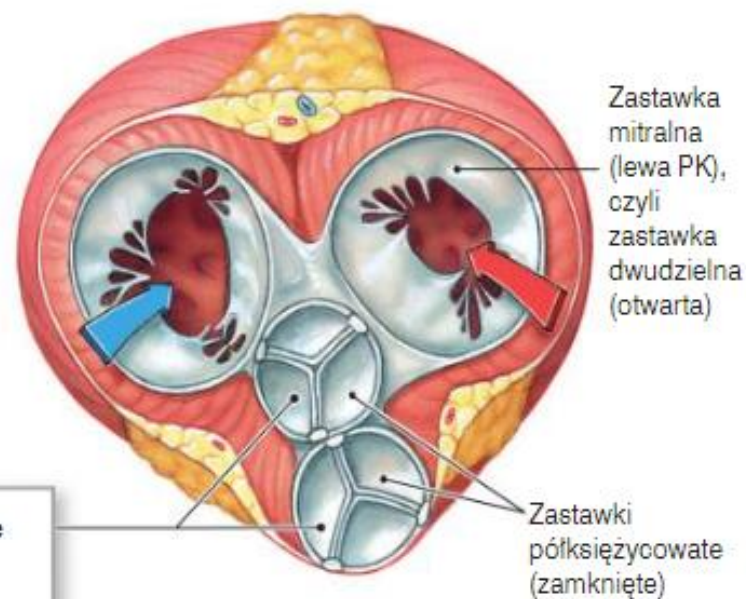
ROZKURCZ KOMÓR

(c) Przekrój czołowy

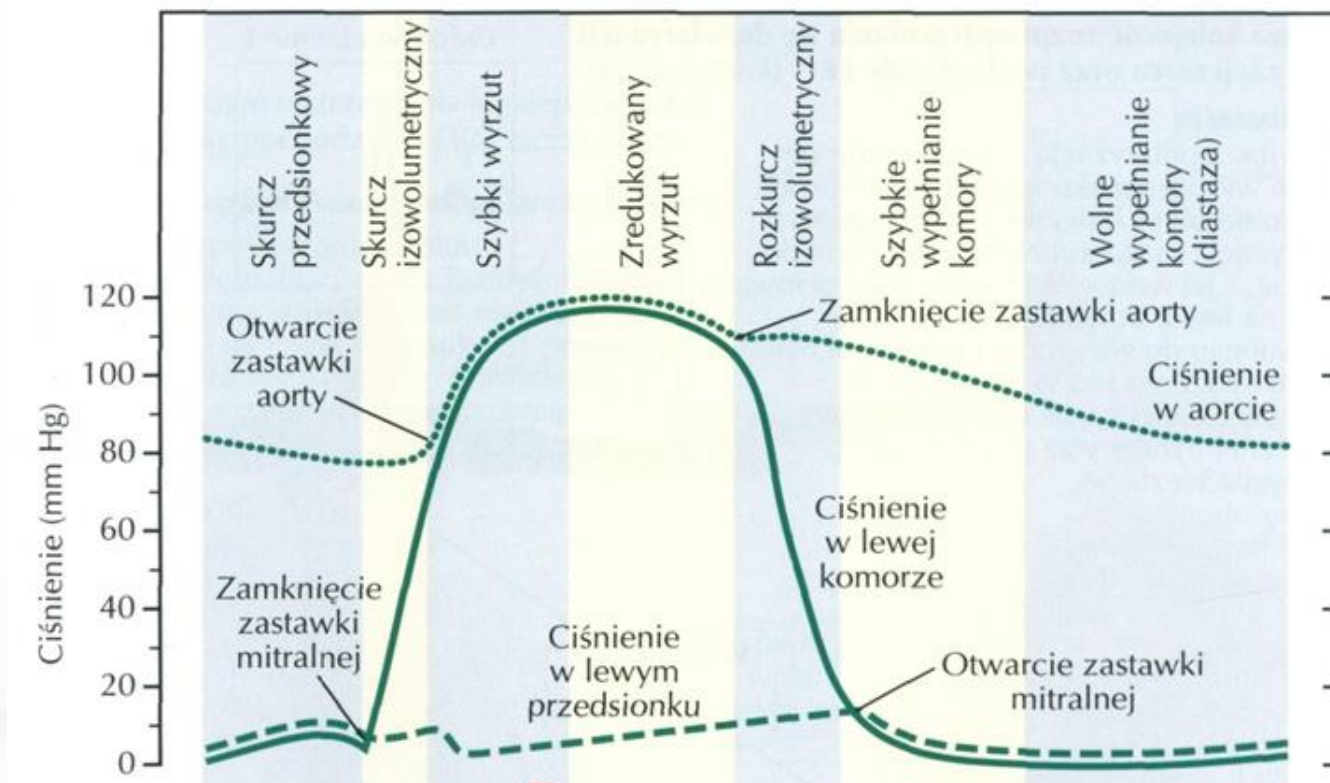


Zastawki półksiężycowate zapobiegają w czasie rozkurczu cofaniu się z powrotem do komór krwi, która wpłynęła do naczyń.

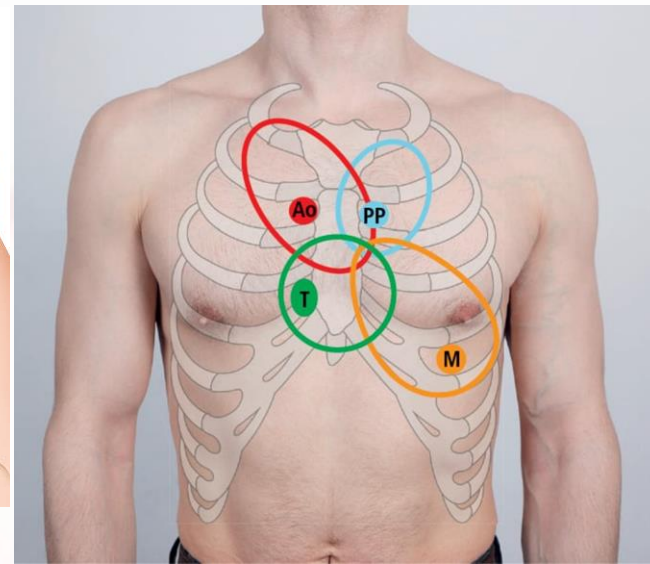
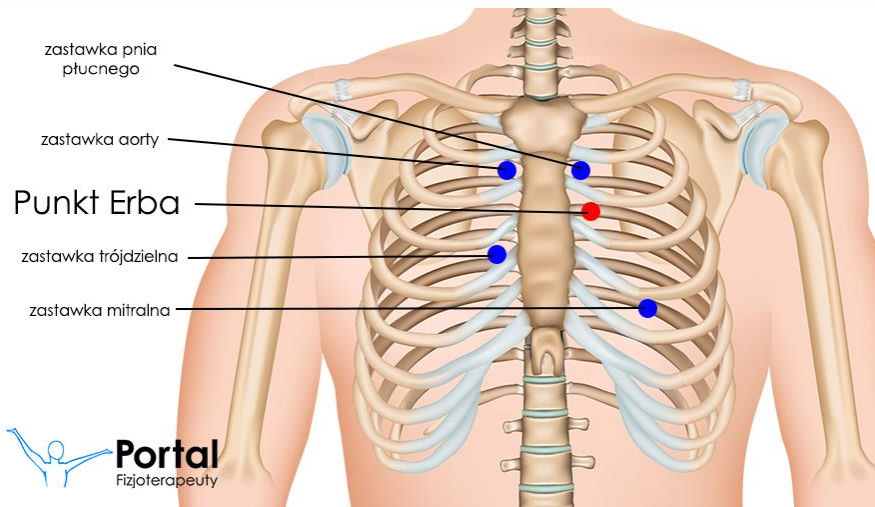
(d) Przekrój poprzeczny



Czynność mechaniczna serca



- Skurcz przedsionków i wtłoczenie krwi do komór przez otwarte ujście przedsionkowo-komorowe
- Skurcz **izowolumetryczny** komór – zastawki trójdzielna i dwudzielna zamykają się, wzrost ciśnienia krwi w obu komorach
- Gdy ciśnienie krwi w obu komorach przewyższy ciśnienie w zbiornikach tętniczych zastawki pnia płucnego i aorty otwierają się – skurcz **izotoniczny** komór
- **Rozkurcz izowolumetryczny** komór – zastawki zamknięte ciśnienie spada
- Okres szybkiego wypełniania komór – otworzenie zastawek przedsionkowo-komorowych



Pola osłuchiwania zastawek

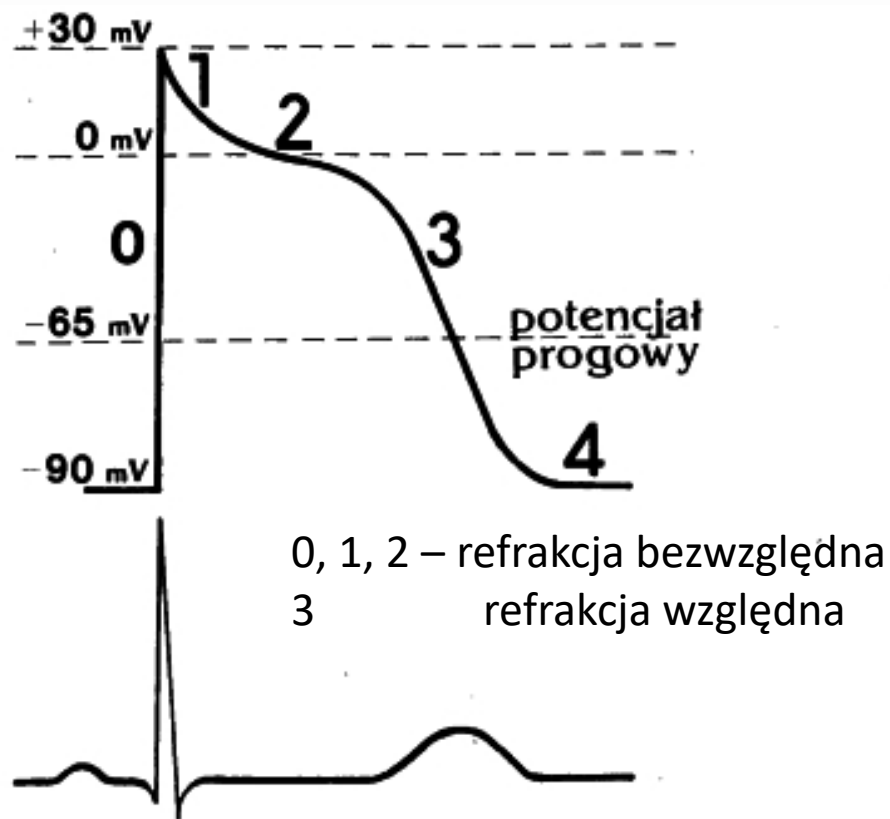
- **Aortalnej i pnia płucnego** znajdują się pomiędzy żebrami II a III odpowiednio przy prawym i lewym brzegu mostka.
- **Zastawkę trójdzielną** osłuchuje się pomiędzy żebrami IV a V przy prawym brzegu mostka.
- Pole osłuchiwania **zastawki mitralnej** ma miejsce po stronie lewej, pomiędzy żebrami V a VI w linii środkowo-obojęzkowej. Jest to tzw. **punkt Erba**.

I ton – zamknięcie zastawki mitralnej i trójdzielnej;

II ton – zamknięcie zastawek półksiężycowatych aorty i pnia płucnego;

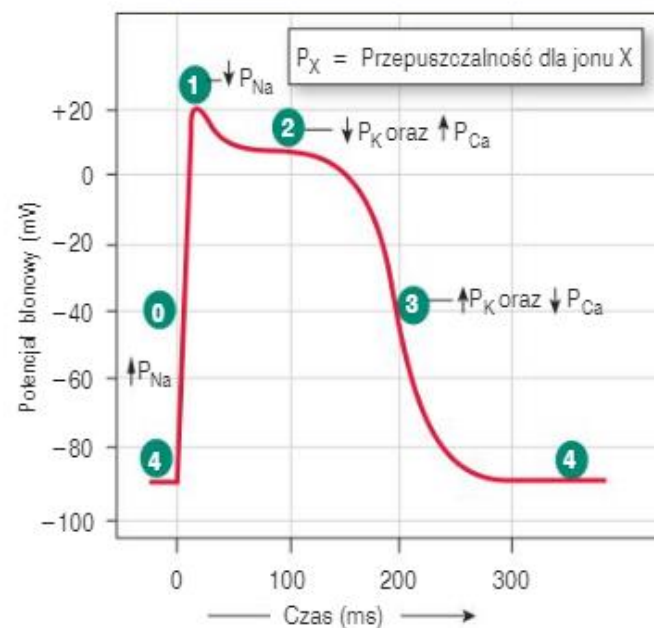
III i IV ton – napełnianie komór

Potencjał czynnościowy mięśnia komór



RYC. 11.10

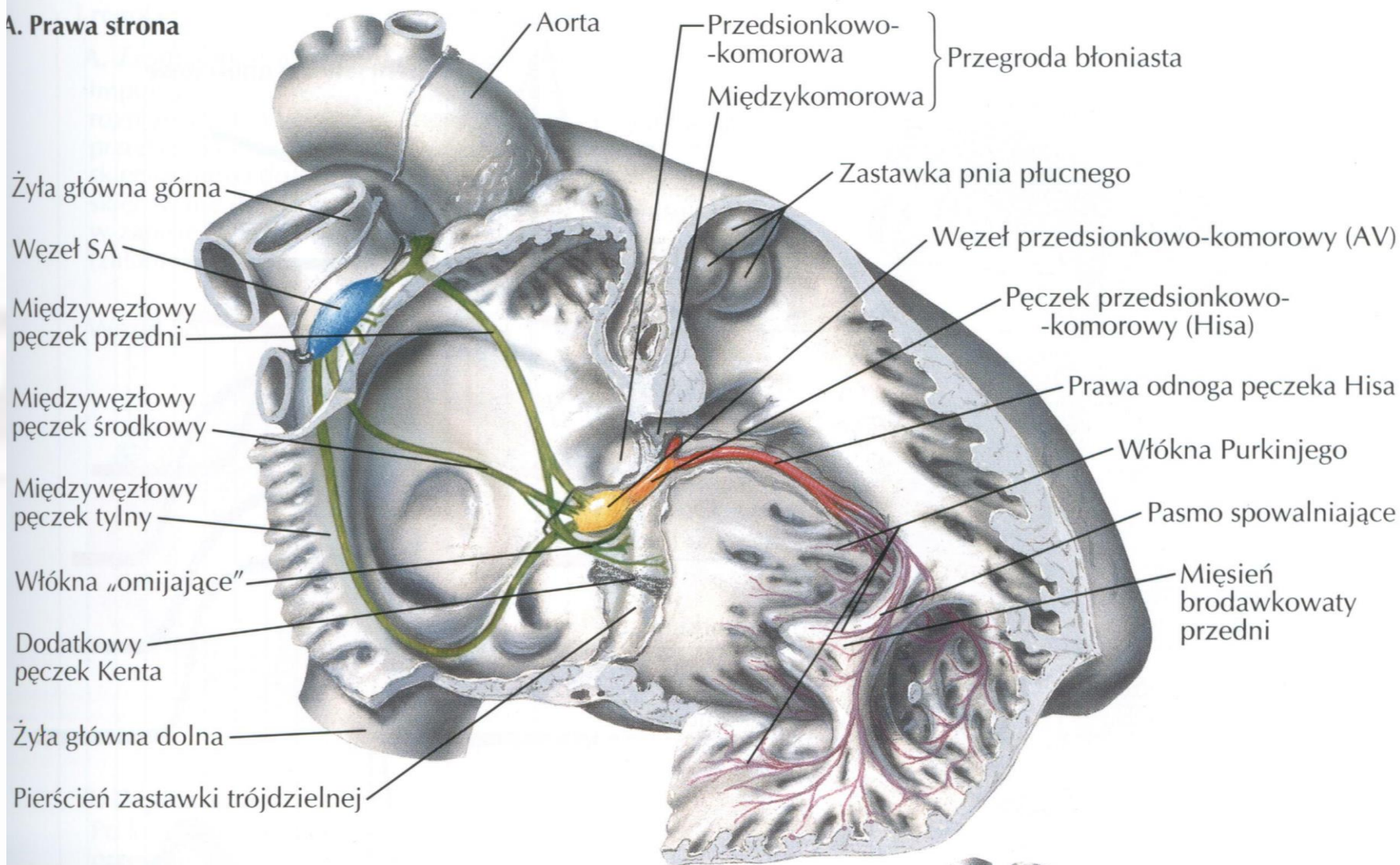
Potencjał czynnościowy komórki kurczliwej serca

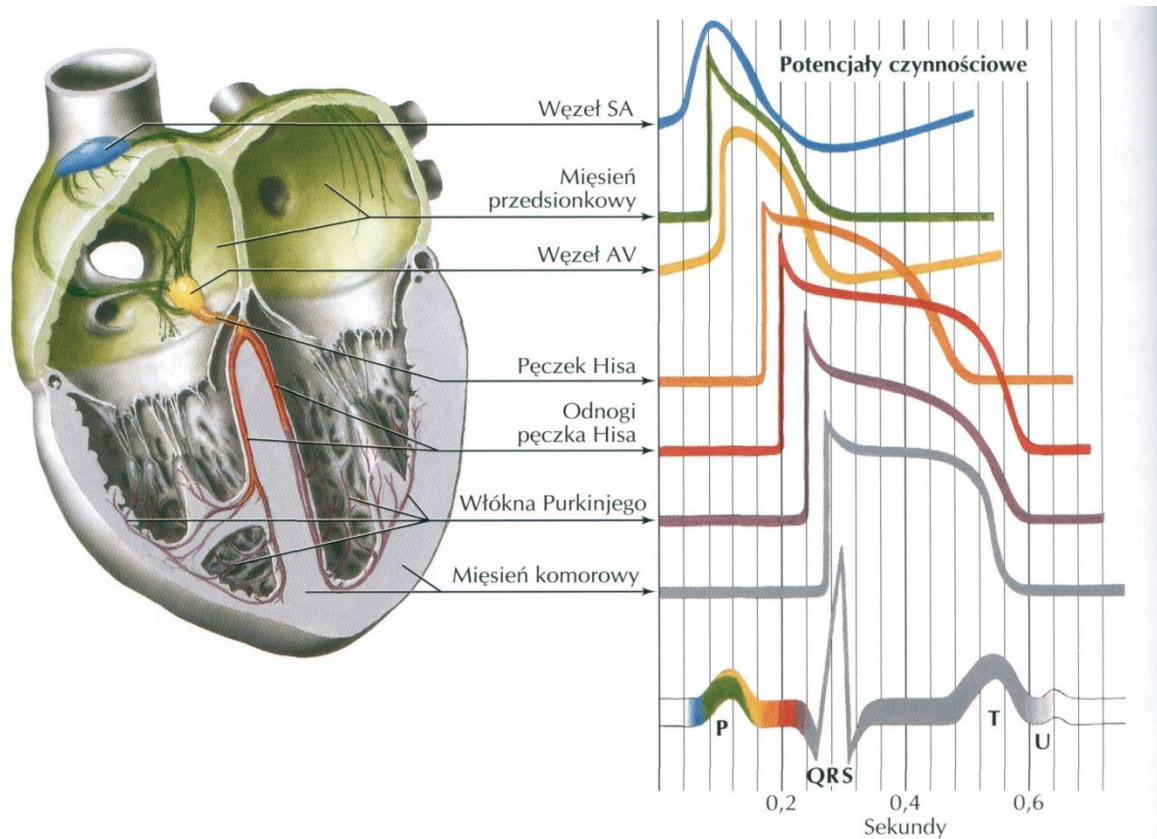


Faza*	Kanały błonowe
0	Kanały Na ⁺ otwierają się
1	Kanały Na ⁺ zamykają się
2	Kanały Ca ²⁺ otwierają się; szybkie kanały K ⁺ zamykają się
3	Kanały Ca ²⁺ zamykają się; szybkie kanały K ⁺ otwierają się
4	Potencjał spoczynkowy

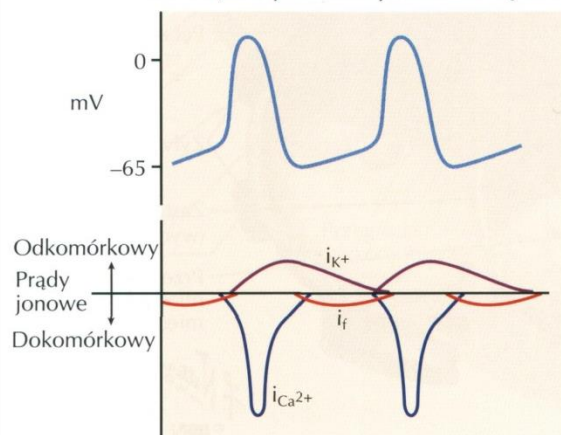
UKŁAD PRZWEWODZĄCY SERCA

A. Prawa strona

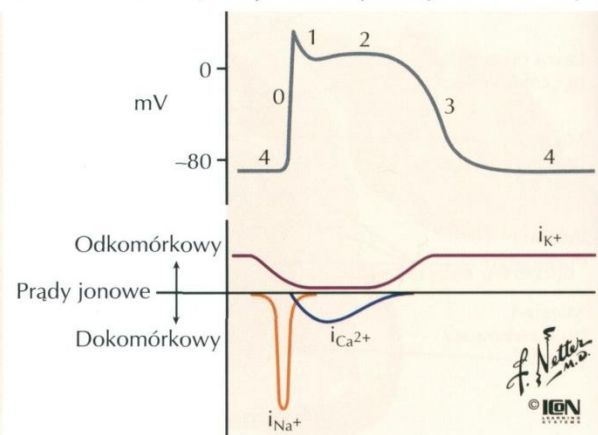




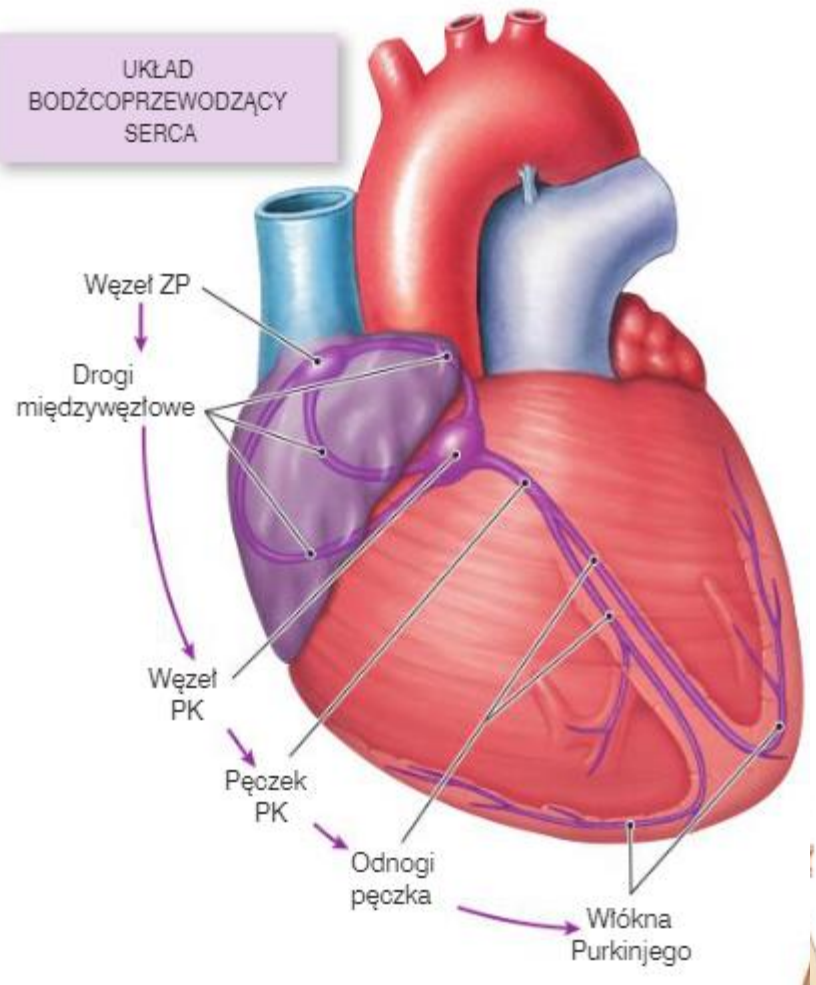
Potencjał czynnościowy komórek węzła SA



Potencjał czynnościowy miocytów komorowych



UKŁAD
BODŹCOPRZEWODZĄCY
SERCA



1 Węzeł ZP depolaryzuje się.

2 Aktywność elektryczna przechodzi szybko do węzła PK przez drogi międzywęzłowe.

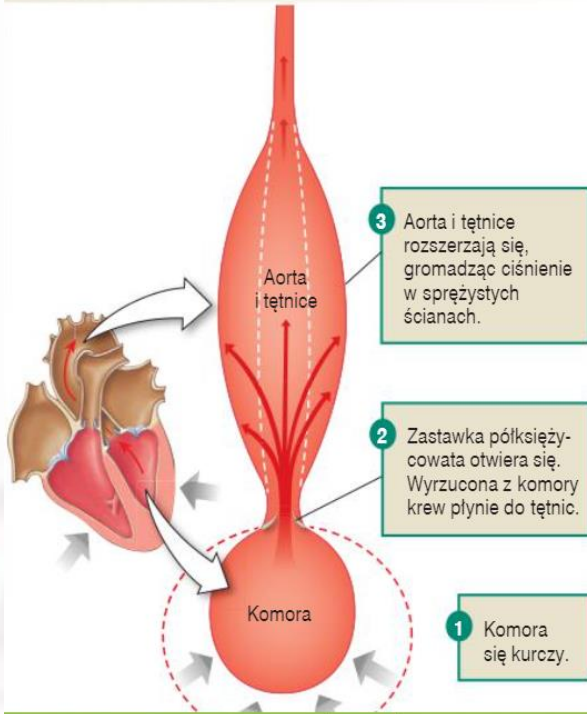
3 Depolaryzacja rozprzestrzenia się wolniej w przedsionkach. Przewodzenie zwalnia przez węzeł PK.

4 Depolaryzacja przemieszcza się szybko przez układ bodźcoprzewodzący komór do koniuszka serca.

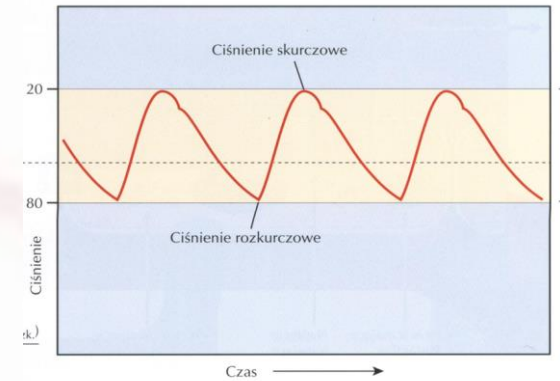
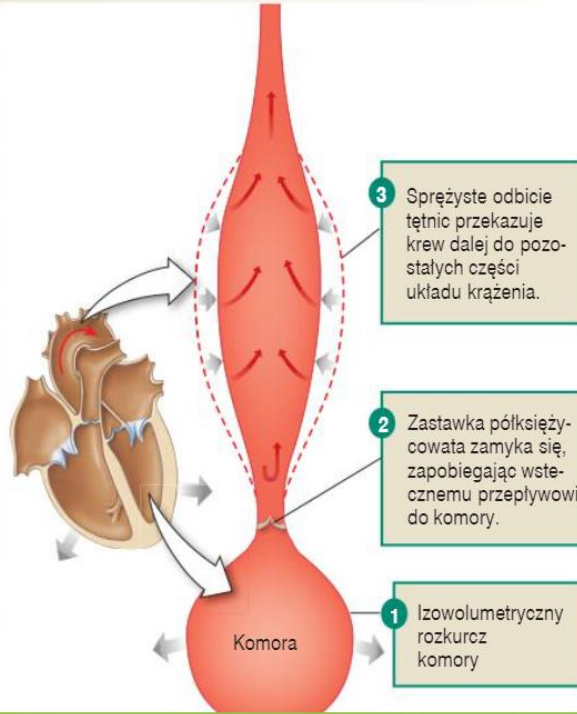
5 Fala depolaryzacji rozprzestrzenia się ku górze od koniuszka.

CIŚNIENIE TĘTNICZE

(a) **Skurcz komorowy.** Skurcz komory przepycha krew do sprężystych tętnic, powodując ich rozciągnięcie.



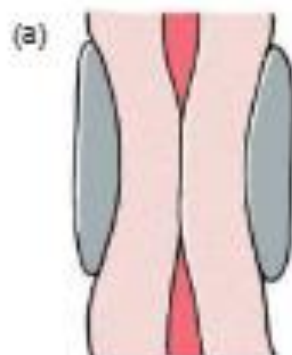
(b) **Rozkurcz komorowy.** Odbicie sprężyste w tętnicach utrzymuje ciśnienie napędowe podczas rozkurczu komorowego.



Ciśnienie tętnicze wykazuje pulsacje będące wynikiem rytmicznej pulsującej pracy serca

- Ciśnienie tętnicze krwi **zależy od dopływu i odpływu** krwi ze zbiornika tętniczego
- Ciśnienie w zbiorniku tętnicznym dużym waha się w zależności **od okresu pracy serca**; **ciśnienie skurczowe** (najwyższe) w okresie **maksymalnego wyrzutu lewej komory**; **ciśnienie rozkurczowe** (najniższe) – nie obniża się do zera bo ściany zbiornika tętniczego są sprężyste; napięcie sprężyste ścian zbiornika tętniczego zapewnia utrzymanie ciśnienia w okresach rozkurczu serca

Ciśnienie tętnicze krwi jest mierzone za pomocą sfigmomanometru (nadmuchiwany mankiet plus wskaźnik ciśnienia) i stetoskopu. Ciśnienie napełnionego mankieta przedstawiono u osoby, u której ciśnienie krwi wynosi 120/80 mmHg.



Ciśnienie w mankiecie wynosi > 120 mmHg



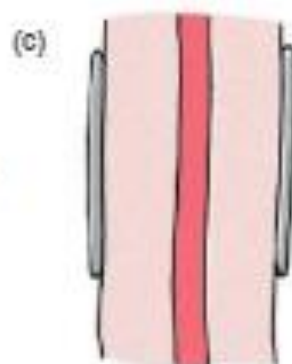
Gdy mankiet jest nadmuchany tak, że ustaje przepływ krwi w tętnicy, nie można usłyszeć dźwięków przez stetoskop umieszczony nad tętnicą ramienną dystalnie od mankieta.



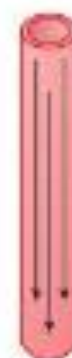
Ciśnienie w mankiecie wynosi 80–120 mmHg



Tony Korotkowa są wywoływane pulsacyjnym przepływem krwi w uciskanej tętnicy.



Ciśnienie w mankiecie wynosi < 80 mmHg



Przepływ krwi jest niesłyszalny, gdy tętnica nie jest już uciskana.

Ciśnienie

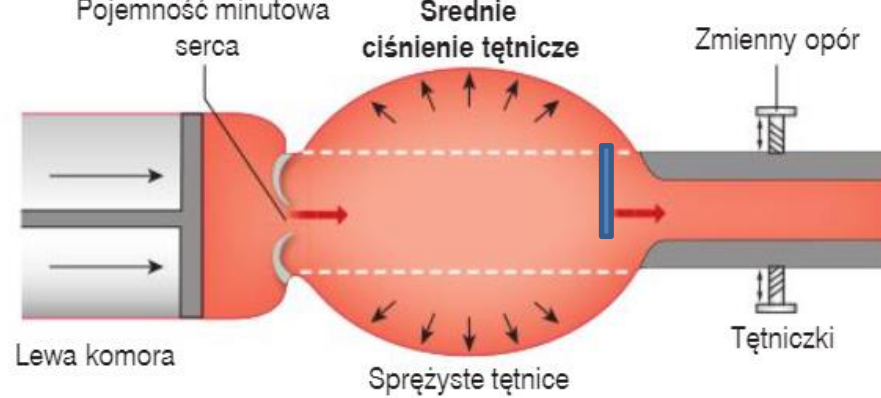
Kategoria	skurczowe	rozkurczowe
Prawidłowe	<130 i	<85
w tym:		
optymalne	<120 i	<80
Wysokie prawidłowe	130 - 139 i/lub	85 - 89
Nadciśnienie tętnicze		90 - 99
stopień 1 (łagodne)	140 - 159 i/lub	
w tym:		90 - 94
graniczne	140 - 149 i/lub	
Nadciśnienie tętnicze		
stopień 2 (umiarkowane)	160 - 179 i/lub	100 - 109
Nadciśnienie tętnicze		
stopień 3 (ciężkie)	≥180 i/lub	≥110
Izolowane nadciśnienie		
skurczowe	≥140 i	<90
w tym:		
graniczne	140 - 149 i	<90

* W przypadku gdy wartości skurczowego i rozkurczowego ciśnienia tętniczego należą do różnych kategorii, należy przyjąć kategorię wyższą.

Jako kryterium rozpoznania nadciśnienia tętniczego przyjęto wartości ciśnienia skurczowego ≥ 140 mmHg i/lub ciśnienia rozkurczowego ≥ 90 mmHg. Odnosi się to do osób nie otrzymujących leków hipotensyjnych.

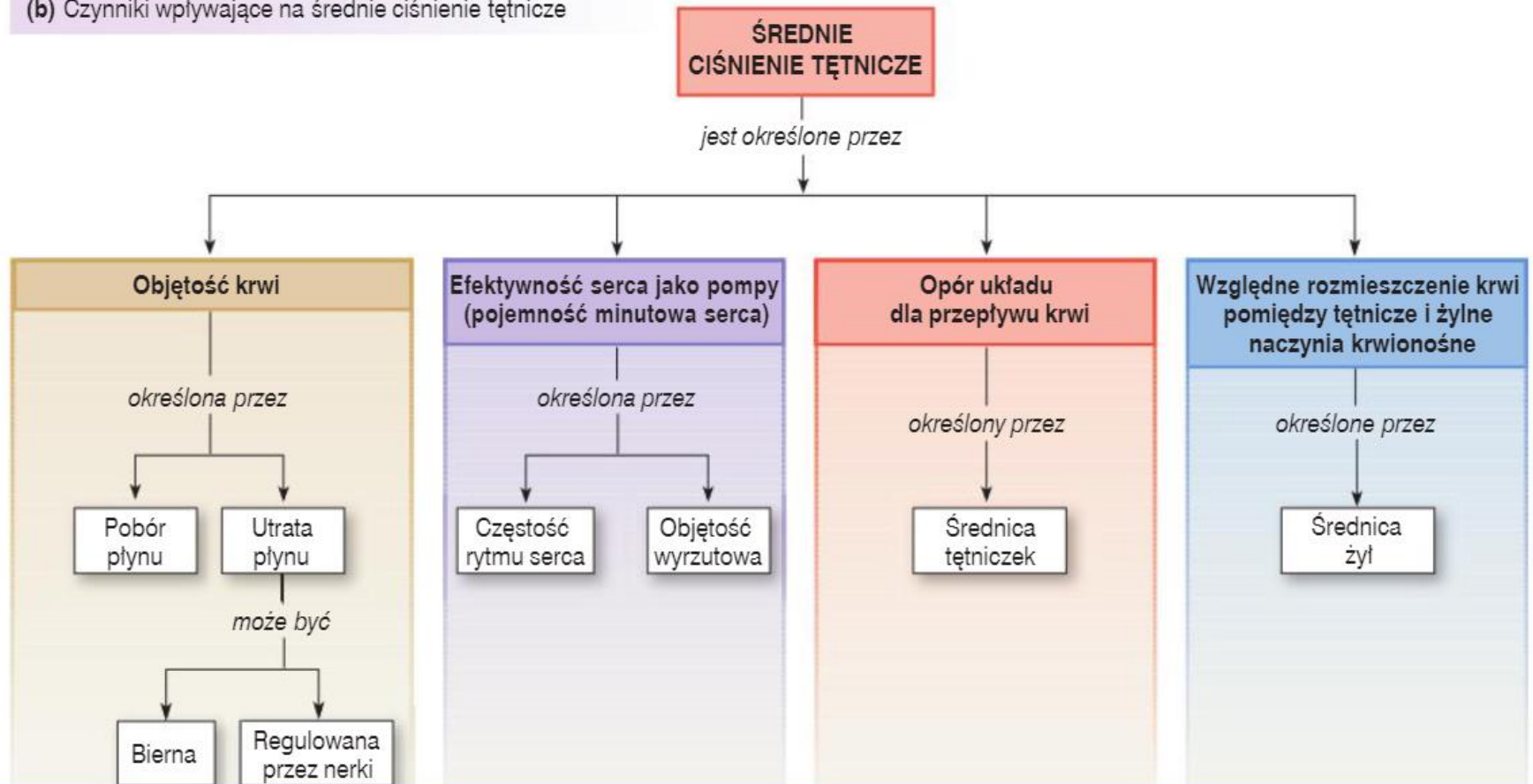
Czynniki determinujące wielkość ciśnienia tętniczego

- praca lewej komory – jest to główna siła sprawcza zapewniająca ruch krwi w ustroju;
- objętość krwi – ubytek większej objętości krwi skutkuje zmniejszeniem ciśnienia tętniczego, aż do wstrząsu i śmierci włącznie;
- stan naczyń krwionośnych; naczynia zmienione miażdżycowo tracą sprężystość, co sprzyja wzrostowi ciśnienia, a także zmienia warunki hemodynamiczne przepływu, a zwłaszcza zwiększa opór przepływu;
- ogólnoustrojowe i miejscowe mechanizmy regulacyjne;
- przyciąganie ziemskie.



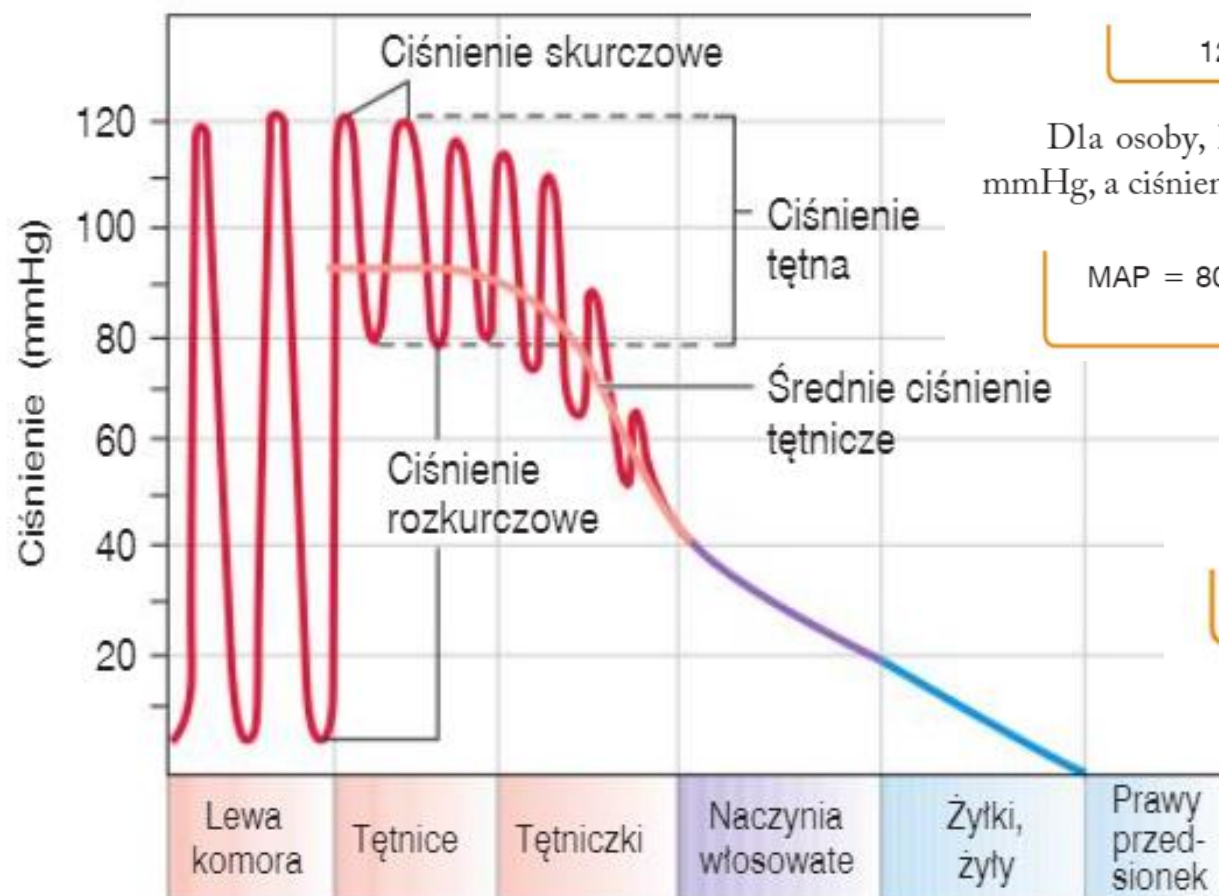
Średnie ciśnienie tętnicze $\propto$ pojemność minutowa serca $\times$ opór

(b) Czynniki wpływające na średnie ciśnienie tętnicze



Ciśnienie tętna = ciśnienie skurczowe – ciśnienie rozkurczowe

Średnie ciśnienie tętnicze = ciśnienie rozkurczowe + $\frac{1}{3}$ (ciśnienia tętna)



Na przykład w aorcie ciśnienie tętna wynosi:

$$120 \text{ mmHg} - 80 \text{ mmHg} = 40 \text{ mmHg}$$

Dla osoby, której ciśnienie skurczowe wynosi 120 mmHg, a ciśnienie rozkurczowe 80 mmHg:

$$\text{MAP} = 80 \text{ mmHg} + \frac{1}{3} (120 - 80 \text{ mmHg}) = 93 \text{ mmHg} \quad (4)$$

$$\text{MAP} \propto \text{CO} \times R_{\text{w tętniczkach}}$$

MAP – średnie ciśnienie tętnicze; CO – pojemność minutowa serca; R – opór

TĘTNO

falisty ruch naczyń krwionośnych,
który jest zależny od skurczów serca
oraz sprężystości tętnic

Ocena tętna :

- **częstotliwość** – **szybkie, czy wolne?** – odzwierciedla to częstotliwość rytmu serca
- **miarowość** – **miarowe lub niemiarowe?**, tzn. czy jest wyczuwalne w równych odstępach czasu i zgodnie z biciem serca
- **amplitudę** – **tętno duże i małe** – jak silnie tętnica uwypukla się pod wpływem przepływającej krwi
- **czas trwania fali skurczowej** – mówimy o tętnie, że jest chybkie bądź leniwe, co odzwierciedla stan układu krążenia.

Tabela 1. Prawidłowa częstotliwość rytmu serca w zależności od wieku

Wiek	Częstotliwość rytmu serca (uderzenia/minutę); mediana (1.–99. centyla)
noworodki (urodzone o czasie)	127 (90–164)
0–3 mies.	143 (107–181)
3–6 mies.	140 (104–175)
6–9 mies.	134 (98–168)
9–12 mies.	128 (93–161)
12–18 mies.	123 (88–156)
18–24 mies.	116 (82–149)
2–3 lat	110 (76–142)
3–4 lat	104 (70–136)
4–6 lat	98 (65–131)
6–8 lat	91 (59–123)
8–12 lat	84 (52–115)
12–15 lat	78 (47–108)
15–18 lat	73 (43–104)

Opracowano na podstawie Fleming S., Thompson M., Stevens R. i wsp.: Normal ranges of heart rate and respiratory rate in children from birth to 18 years of age: a systematic review of observational studies. Lancet. 2011; 377(9770): 1011–8

U osoby dorosłej bada się, dotykając tętnice:

- **szyjną wewnętrzną (z boku po obu stronach szyi, nieco poniżej żuchwy),**
- **promieniową (na wewnętrznej stronie nadgarstka od strony kciuka),**
- **ramienną (na wewnętrznej powierzchni ramienia),**
- **udową (w pachwinie),**
- **podkolanową (w dole pod kolanem),**
- **grzbietową stopy (na wierzchu stopy)**
- **piszczelową tylną (po wewnętrznej stronie za kostką).**

Metoda określania objętości wyrzutowej, pojemności minutowej i maksymalnej częstości akcji serca jest metodą obliczeniową opartą na pomiarach tętna i ciśnienia tętniczego krwi oraz znajomości wieku osoby badanej.

Wykonanie: obliczenia należy wykonać, podstawiając zmierzone wartości parametrów krążeniowych i/lub wieku do podanych niżej wzorów:

• **Objętość wyrzutowa serca (SV)**

Wzór 1: $SV [ml] = 101 + (0,5 \cdot RR_S) - (1,09 \cdot RR_R) - (0,61 \cdot W)$

- RR_S - Ciśnienie skurczowe [mmHg]
- RR_R - Ciśnienie rozkurczowe [mmHg]
- W – wiek badanego [lata]

lub:

Wzór 2: $SV [ml] = (A_{RR} \cdot 200) / (RR_S + RR_R)$

gdzie:

- A_{RR} – amplituda ciśnień [mmHg]
- RR_S - Ciśnienie skurczowe [mmHg]
- RR_R - Ciśnienie rozkurczowe [mmHg]

Fracja wyrzutowa lewej komory serca to stosunek objętości wyrzutowej do objętości późnorozkurczowej.

• **Pojemność minutowa serca (Q)**

$Q [mL \cdot min^{-1}] = SV \cdot HR$

- SV – objętość wyrzutowa [mL]
- HR – częstość skurczu serca [min^{-1}]

• **Maksymalna częstość akcji serca**

$max HR [min^{-1}] = 220 - W$

lub $max HR [min^{-1}] = 210 - (0,65 \cdot W)$

gdzie W – wiek [lata]

Normy frakcji wyrzutowej lewej komory
Norma: 55–70%
Dolna granica normy: ~50–55%
Lekko obniżona: 41–49%
Znacznie obniżona (niewydolność skurczowa): $\leq 40\%$

Pojemność minutowa serca w spoczynku przeliczana jest na 1 m² powierzchni ciała
– **WSKAŹNIK SERCOWY**

Próba ortostatyczna służy ocenie reakcji układu krążenia na zmianę pozycji ciała (z leżenia do stania).



Reakcja prawidłowa obejmuje:

- nieznaczny spadek ciśnienia krwi (spadek ciśnienia skurczowego nie powinien przekraczać 10 mmHg, natomiast spadek ciśnienia rozkurczowego 5 mmHg).
- przyspieszenie rytmu serca o 5-20 skurczów na minutę. Zmiany ciśnienia krwi trwają około 19 sekund.

Reakcja nieprawidłowa:

- znaczne i utrzymujące się obniżenie ciśnienia krwi (hipotonia ortostatyczna)

Odbarczenie baroreceptorów to zmniejszenie lub brak pobudzenia baroreceptorów. Dochodzi do niego, gdy ciśnienie krwi spada, przez co ściany naczyń krwionośnych mniej się rozciągają.

Lokalna reakcja naczyniowa na anemizację tkanek (niedotlenienie) jest mechanizmem adaptacyjnym, który ma na celu przywrócenie odpowiedniego ukrwienia i dotlenienia obszaru dotkniętego niedokrwieniem. Reakcja obejmuje:

1. Rozszerzenie naczyń krwionośnych (wazodylatacja) – Niedotlenienie powoduje spadek poziomu tlenu w tkankach, co prowadzi do miejscowego uwalniania substancji rozszerzających naczynia, takich jak:

- 1. Tlenek azotu (NO)** – Relaksuje mięśnie gładkie naczyń, zwiększając przepływ krwi.
- 2. Prostacyklina (PGI_2)** – Hamuje agregację płytek krwi i powoduje rozszerzenie naczyń.
- 3. Adenozyna** – Powstaje w wyniku rozpadu ATP w warunkach niedotlenienia i działa jako silny wazodylatator.

2. Rekrutacja naczyń kapilarnych – W odpowiedzi na anemizację zwiększa się perfuzja poprzez otwarcie wcześniej nieczynnych naczyń włosowatych, co poprawia dystrybucję tlenu w tkance.

3. Zmiany metaboliczne – Tkanki przestawiają się na metabolizm beztlenowy, co prowadzi do wzrostu produkcji mleczanu i obniżenia pH, co dodatkowo stymuluje lokalne rozszerzenie naczyń.

4. Lokalna regulacja przepływu krwi – Mechanizmy autoregulacyjne umożliwiają utrzymanie stabilnego przepływu krwi pomimo zmian ciśnienia w układzie krążenia.

Elektrokardiografia (EKG):

- Zapisywanie prądów czynnościowych serca
- odzwierciedla zjawiska elektryczne zachodzące w sercu
- dostarcza informacji o częstotliwości i rytmiczności pracy serca, o powstawaniu pobudzenia oraz jego rozchodzeniu się w poszczególnych częściach tego narządu.
- W tym celu używa się specjalnego aparatu rejestrującego, połączonego z elektrodami, które umieszcza się w określonych punktach na ciele badanego. Punkty te nie są przypadkowe, bowiem odpowiadają rzutowaniu na powierzchnię skóry linii izoelektrycznych.

Miejsce przyłożenia elektrody pomiarowej nazywamy odprowadzeniem.

EKG

Czas trwania załamków, odcinków i odstępów
zależy od czasu trwania potencjałów
czynnościowych mięśnia przedsionków i komór.

Amplituda załamków jest wykładnikiem liczby
synchronicznie depolaryzujących i
repolaryzujących się komórek mięśniowych i
zależy od oporu elektrycznego tkanek znajdujących
się między elektrodą a sercem, budowy ciała i
położenia serca w klatce piersiowej.

ODPROWADZENIA EKG

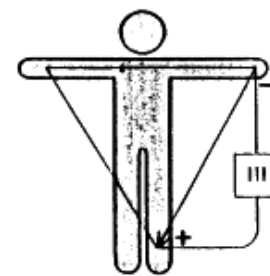
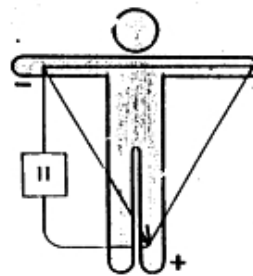
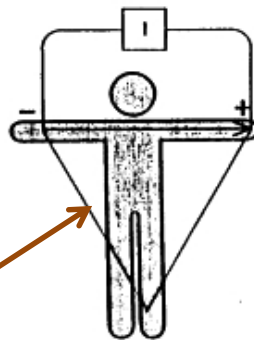
• DWUBIEGUNOWE (Eindhovena)

• JEDNOBIEGUNOWE (Wilsona-Golbergera)

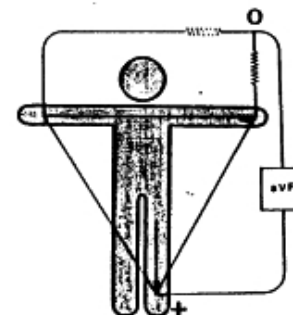
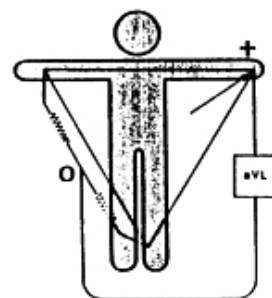
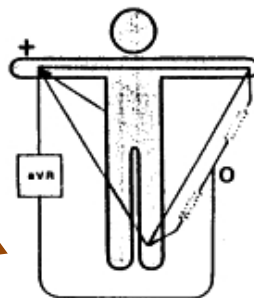
• PRZEDSERCOWE

W badaniu EKG standardowo
stosuje się trzy typy
odprowadzeń

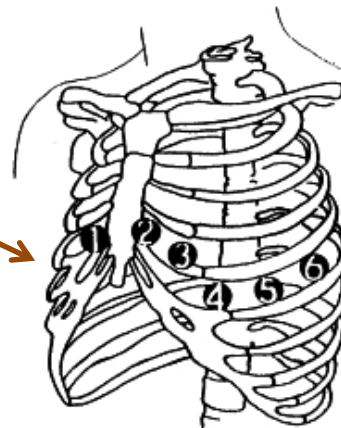
Ryc. 8. Odprowadzenia kończynowe dwubiegunowe.



Ryc. 9. Odprowadzenia kończynowe jednobiegunowe.

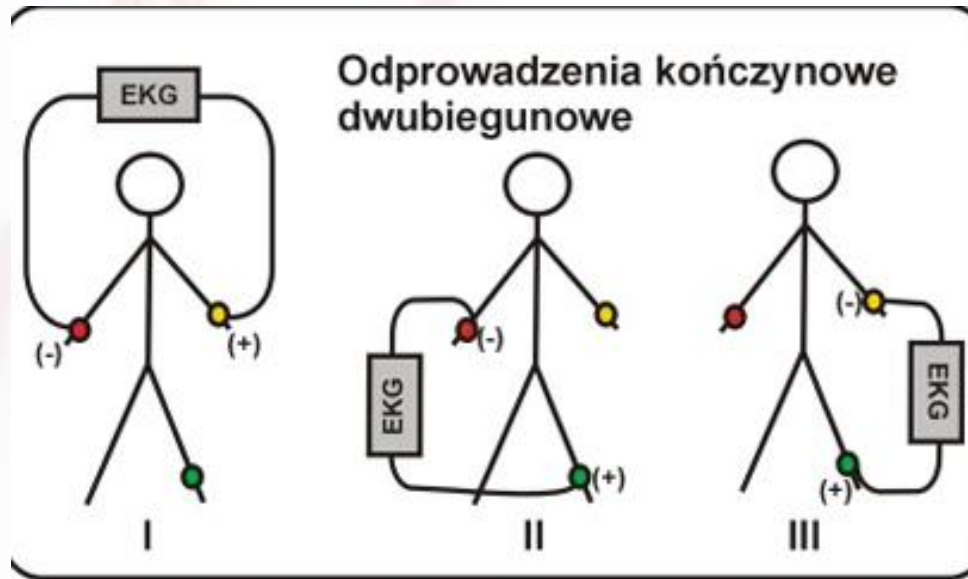


Ryc. 10. Odprowadzenia przedsercowe.



Trzy dwubiegunowe klasyczne odprowadzenia kończynowe, co pozwala uzyskać krzywe zapisu z trzech różnych ujęć:

- Elektrody umieszcza się na kończynach pacjenta – prawej i lewej ręce oraz lewej nodze
- Dodatkową elektrodę odniesienia umieszcza się na prawej nodze.



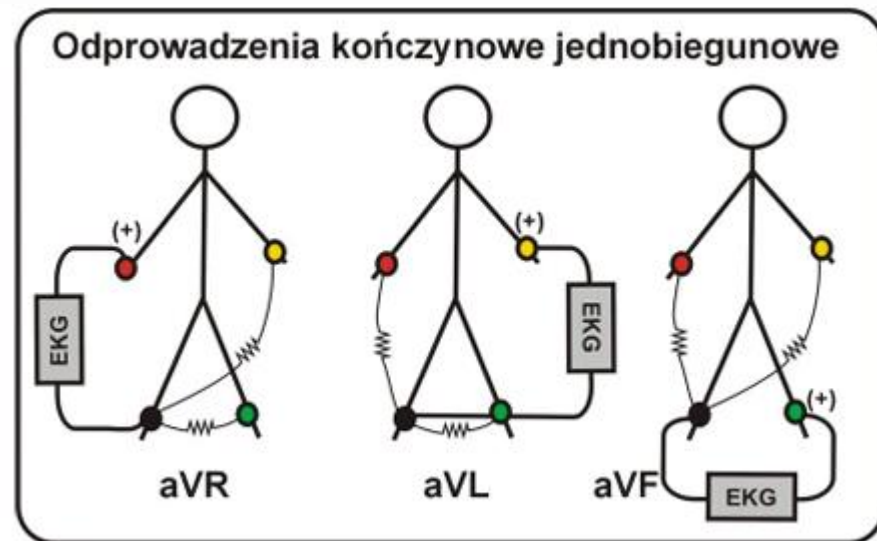
Odprowadzenie I – napięcie mierzone jest między lewą (biegun dodatni), a prawą ręką (biegun ujemny).

Odprowadzenie II – prawa ręka (biegun ujemny), lewa stopa (biegun dodatni).

Odprowadzenie III – lewa ręka (biegun ujemny), lewa stopa (biegun dodatni).

Odprowadzenia jednobiegunowe kończynowe

Elektrody umieszcza się na kończynach pacjenta podobnie jak w odprowadzeniach dwubiegunowych – prawej i lewej ręce oraz lewej nodze. Biegun dodatni jest zawsze na danej kończynie.



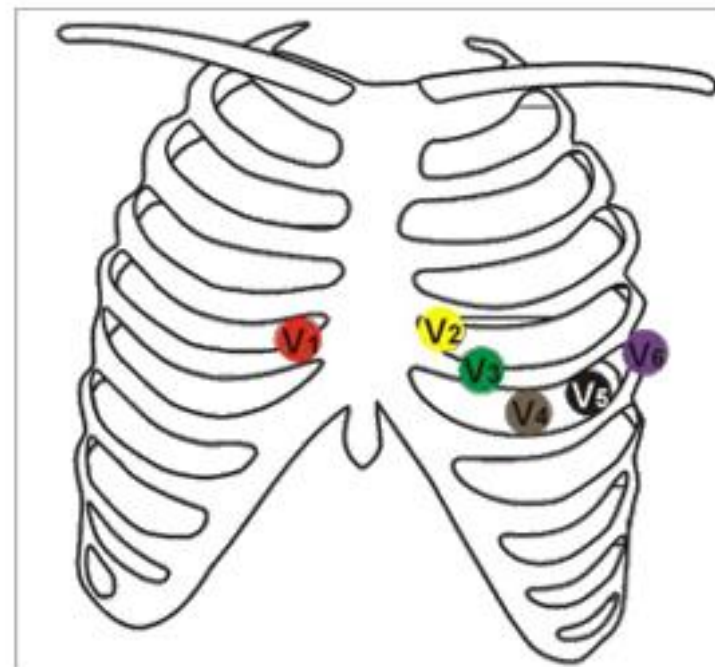
Różnica potencjałów mierzona jest między daną elektrodą a specjalnie skonstruowaną obojętną elektrodą odniesienia.

Elektroda ta może powstać poprzez: połączenie ujemnych biegunów wszystkich trzech przewodów we wspólną końcówkę, łączoną dalej z ujemnym biegunem aparatu. Odprowadzenia te nazywane są wtedy: VR (voltage right), VL, VF. Połączenie ujemnych biegunów dwóch przewodów we wspólną końcówkę. Wyłączany jest przewód dla tej kończyny, której potencjał jest w danej chwili mierzony. Odprowadzenia takie nazywamy jednobiegunowymi wzmocnionymi

Odprowadzenia jednobiegunowe przedsercowe

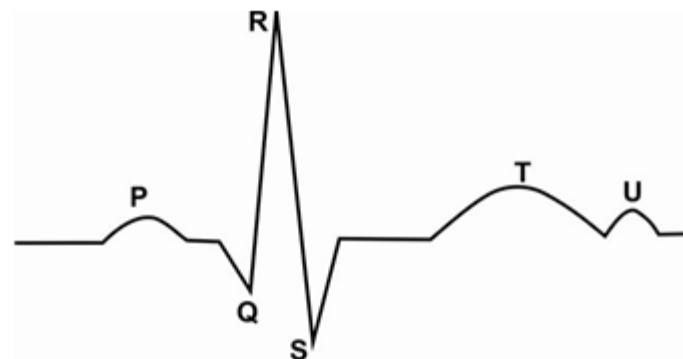
Elektrody (zwykle 6) umieszcza się na klatce piersiowej, stanowią one biegun dodatni.

Biegun ujemny stanowi centralna końcówka (Willsona), skonstruowana przez połączenie ujemnych biegunów trzech przewodów z odprowadzeń jednobiegunowych kończynowych.



V1	Prawa strona wyrostka mostka, czwarta przestrzeń międzyżebrowa	V1
V2	lewa strona wyrostka mostka, czwarta przestrzeń międzyżebrowa	V2
V3	połowa odcinka między V1 a V4	V3
V4	piąta przestrzeń międzyżebrowa, linia środkowa obojczyka	V4
V5	piąta przestrzeń międzyżebrowa, przednia linia pachowa	V5
V6	piąta przestrzeń międzyżebrowa, środkowa linia pachowa	V6

Załamki umownie oznacza się dużymi literami P, Q, R, S, T i U



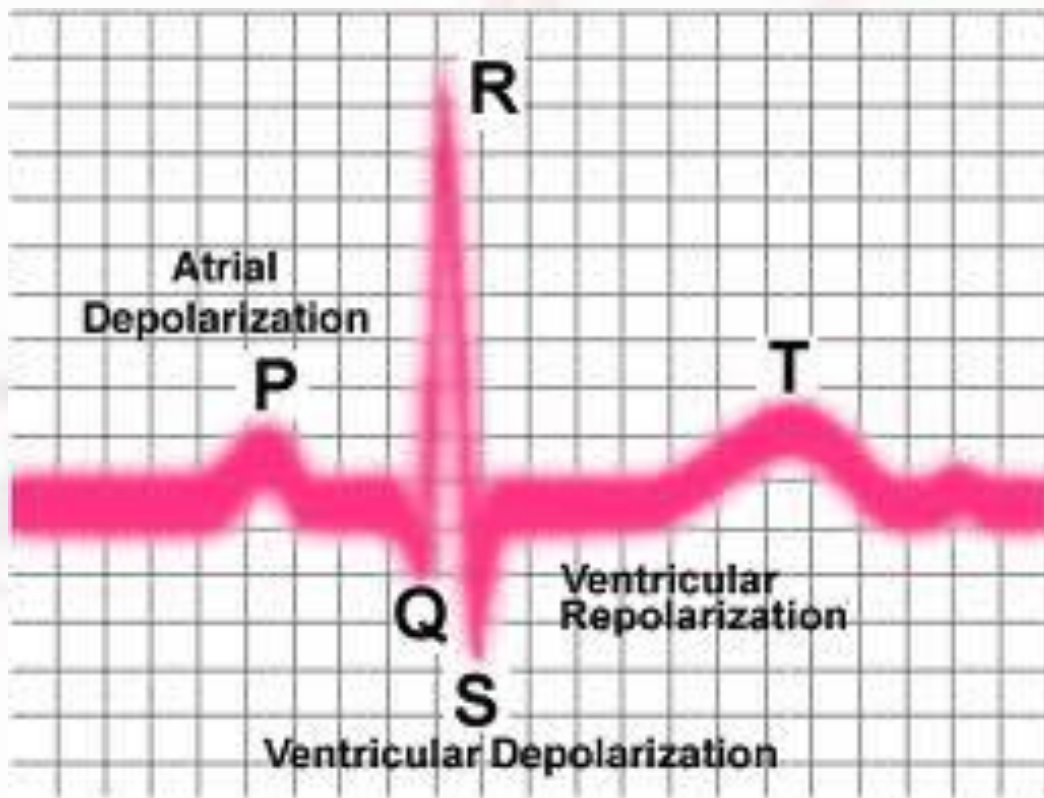
Linia izoelektryczna – to linia pozioma zarejestrowana w czasie, gdy w sercu nie stwierdza się pobudzenia (aktywności). W stosunku do niej określa się przemieszczenia wszystkich odcinków i amplitudę załameków. Najłatwiej ją wyznaczyć wg odcinka TP lub odcinka PQ, a gdy to jest niemożliwe wg linii łączącej punkty początkowe sąsiadujących zespołów QRS

Załamek – wychylenie od linii podstawowej (izoelektrycznej)

Odcinek – część krzywej zawarta między załamekami

Odstęp – część krzywej obejmująca odcinek i sąsiadujący z nim załamek

EKG



załamek P – czas przewodzenia depolaryzacji w mięśniu przedsionków

Odcinek PQ – czas przejścia depolaryzacji przez węzeł przedsionkowo-komorowy i pęczek przedsionkowo-komorowy

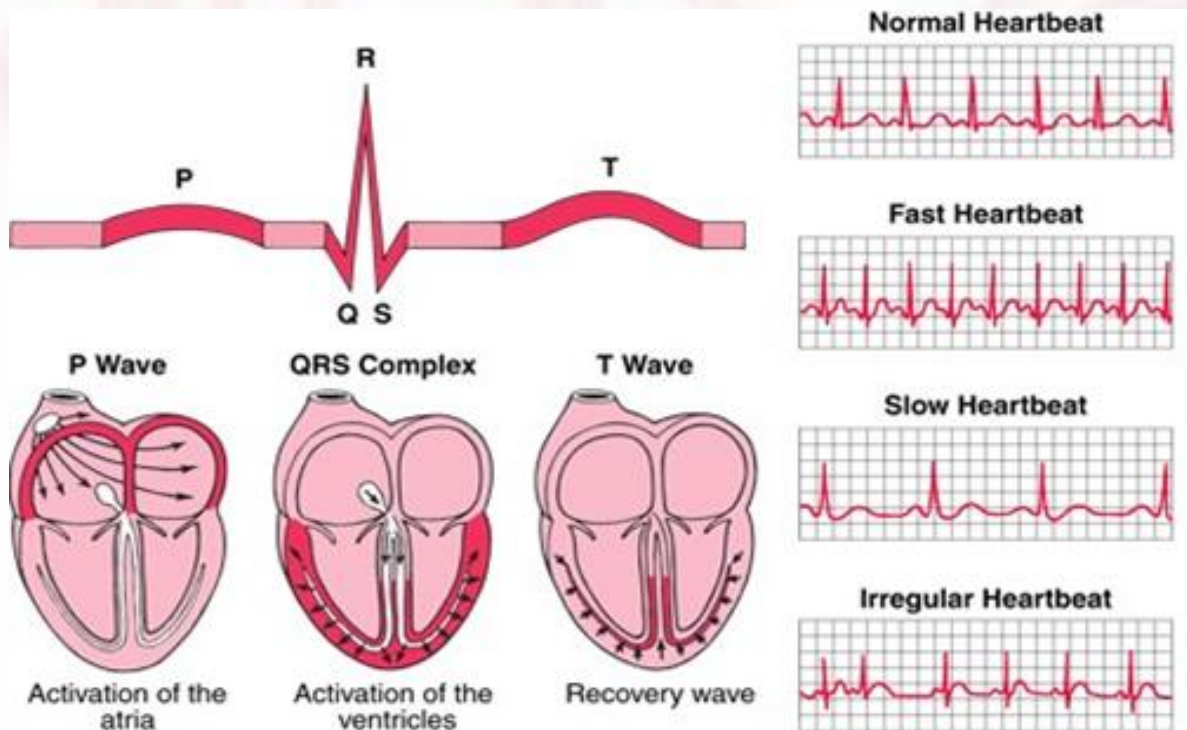
Zespół QRS – czas szerzenia się depolaryzacji w mięśniu komór

Odcinek ST- okres depolaryzacji mięśnia komór

Żyłamek T – czas szybkiej repolaryzacji mięśnia komór

załamek U – niewyjaśniony, spotykany w ok. 25 % zapisów EKG

Załamek	P	Czas przewodzenia depolaryzacji w mięśniu przedsionków	100 ms
Odcinek	PQ	Czas przejścia depolaryzacji przez węzeł przedsionkowo-komorowy i pęczek przedsionkowo-komorowy	50 ms
Odstęp	PQ	Czas przejścia depolaryzacji przez węzeł zatokowo przedsionkowego do mięśnia komór	150 ms
Zespół	QRS	Czas szerzenia się depolaryzacji w mięśniu komór	90 ms
Odcinek	ST	Okres depolaryzacji mięśnia komór	120 ms
Załamek	T	Czas szybkiej repolaryzacji mięśnia komór	120 ms
Odstęp	ST	Czas wolnej i szybkiej repolaryzacji mięśnia komór	280 ms
Odstęp	QT	Potencjał czynnościowy mięśnia komór (depolaryzacja i repolaryzacja)	370 ms
Odstęp	RR	Czas trwania jednego cyklu pracy serca	800 ms



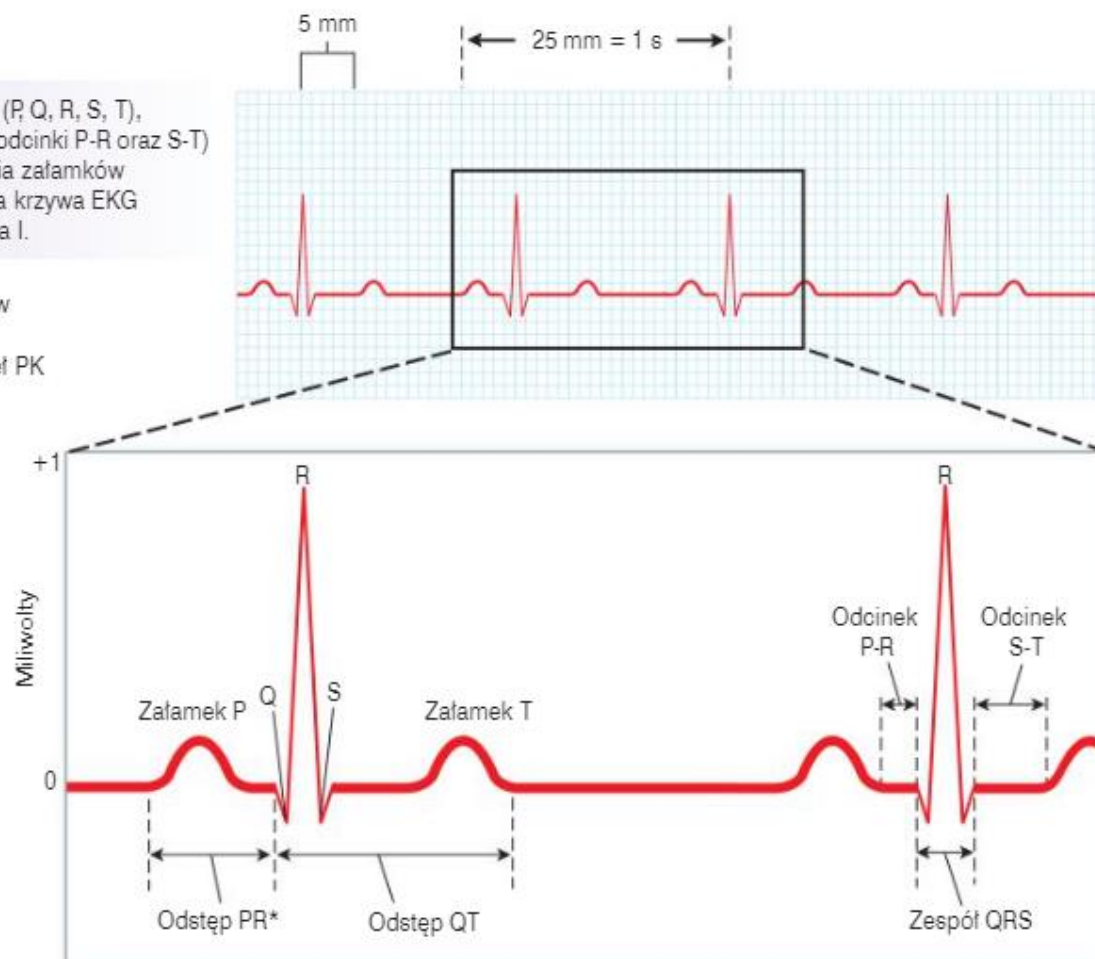
- (f) Elektrokardiogram dzieli się na załamki (P, Q, R, S, T), odcinki pomiędzy tymi załamekami (np. odcinki P-R oraz S-T) oraz odstępy składające się z połączenia załameków i odcinków (np. odstępy PR oraz QT). Ta krzywa EKG została zarejestrowana z odprowadzenia I.

Załamek P: depolaryzacja przedsionków

Odcinek P-R: przewodzenie przez węzeł PK i pęczek PK

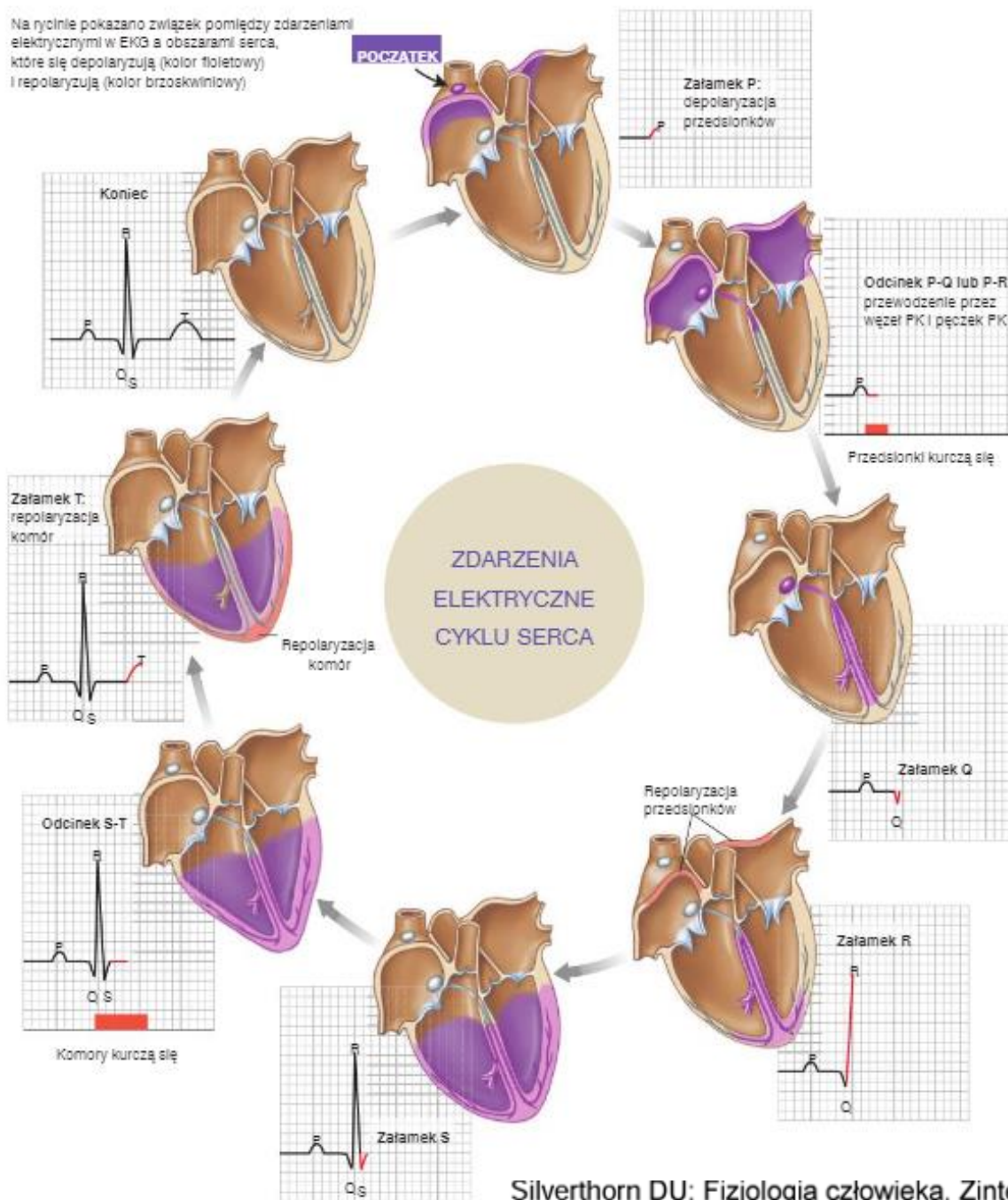
Zespół QRS: depolaryzacja komór

Załamek T: repolaryzacja komór

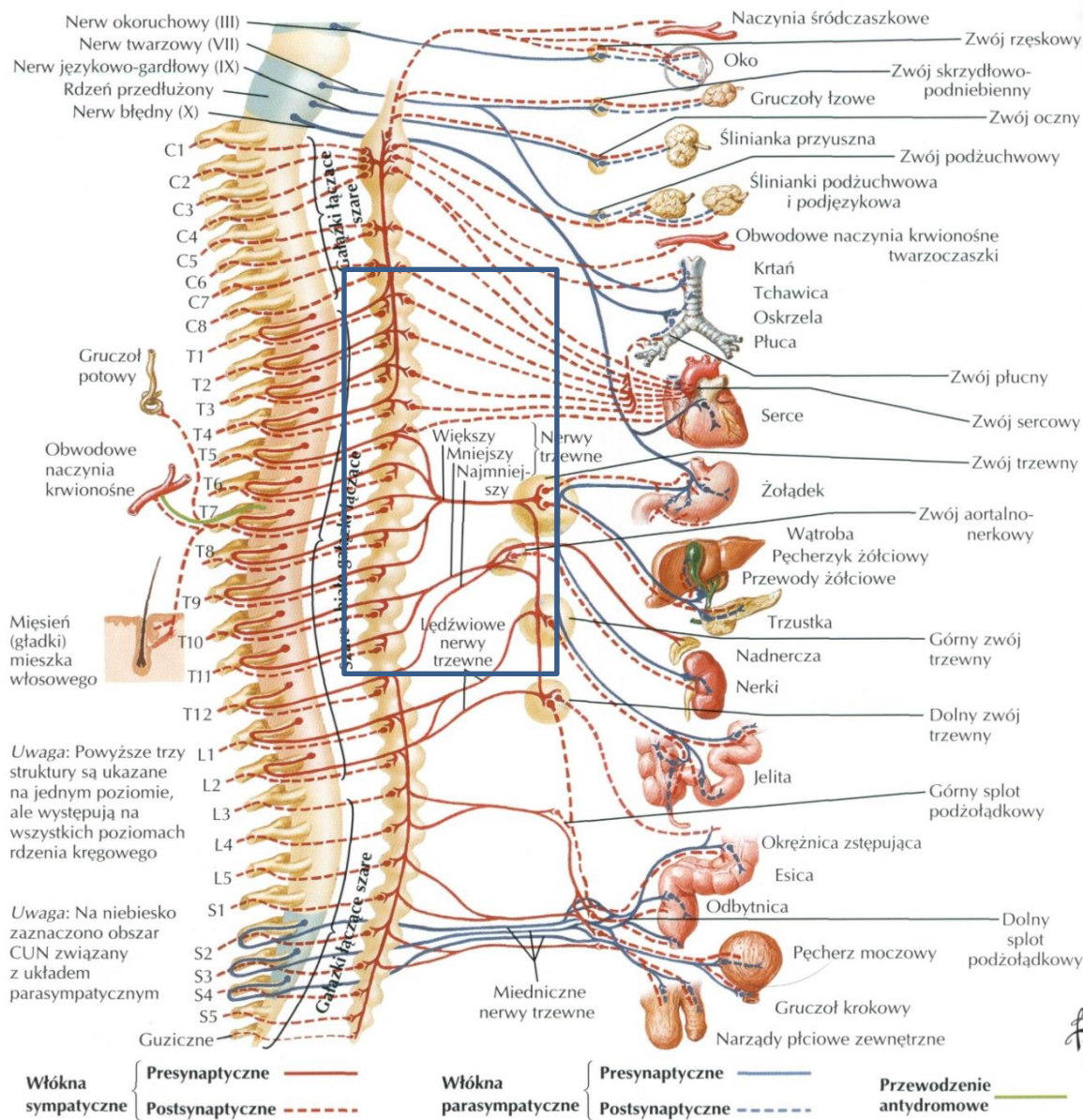


* Czasem załamek Q nie jest widoczny w EKG. Z tego powodu odcinki i odstępy są wtedy określane przy użyciu załamka R, ale zaczynają się wraz z pierwszym załamkiem zespołu QRS.

Na rysunku pokazano związek pomiędzy zdarzeniami elektrycznymi w EKG a obszarami serca, które się depolaryzują (kolor fioletowy) i repolaryzują (kolor brzoszwinowy)



Część współczulna



pobudza organizm

- rozszerzenie źrenic,
- rozszerzenie oskrzeli
- skurcz zwieracza wew. cewki moczowej
- zwężenie tętnic
- wzrost stężenia glukozy we krwi.

• **Jądro pośrednio-boczne** - rogi boczne rdzenia kręgowego (Th1-L3)

• **Zwoje pnia współczulnego**

-Część szyjna

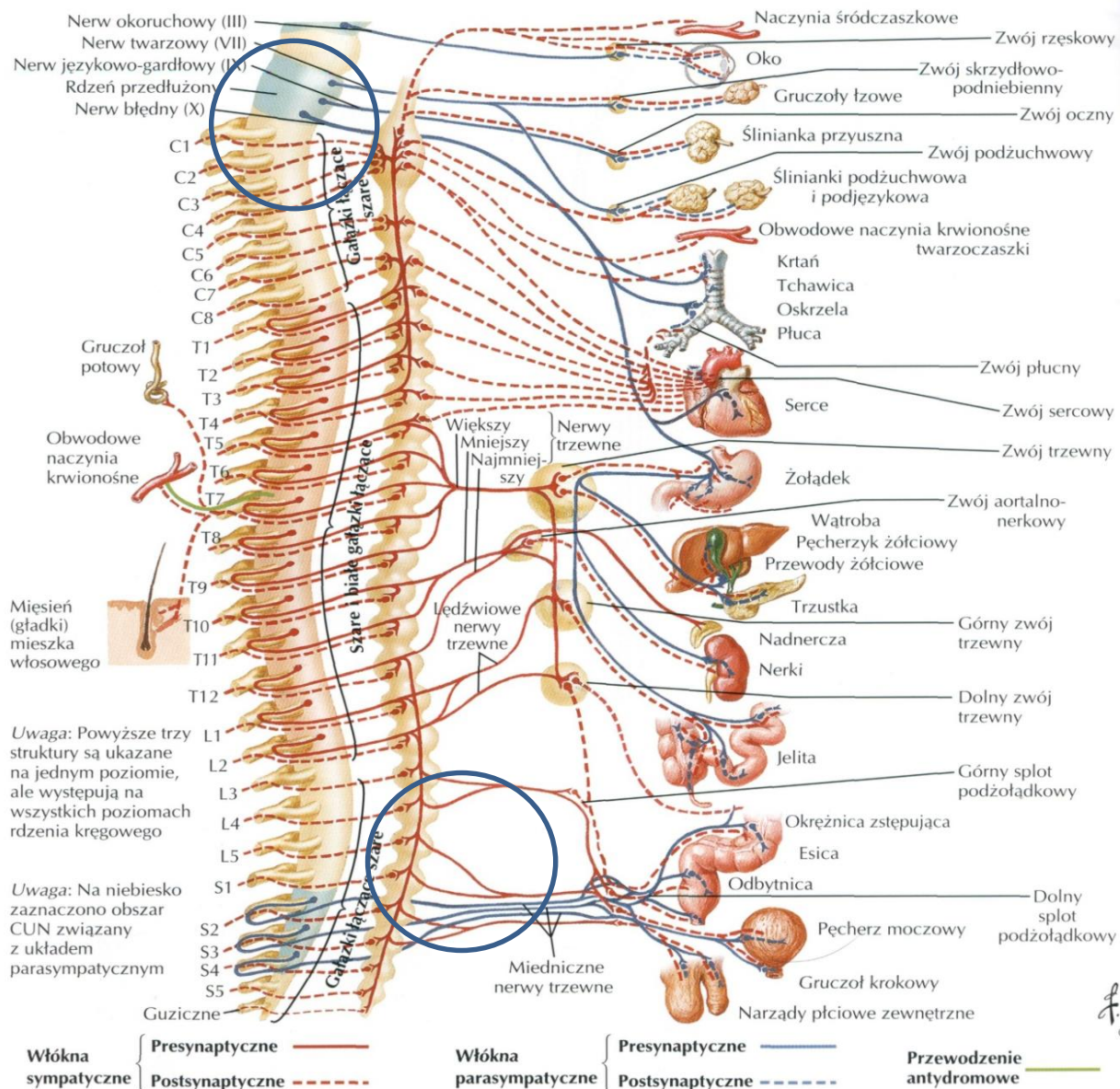
-Część piersiowa

-Część brzuszna

-Część miedniczna

• **Nerwy odchodzące od tych zwojów**

Część przywspółczulna



opróżnienie pęcherza moczowego,
spowalnia akcję serca,
kurczy źrenice

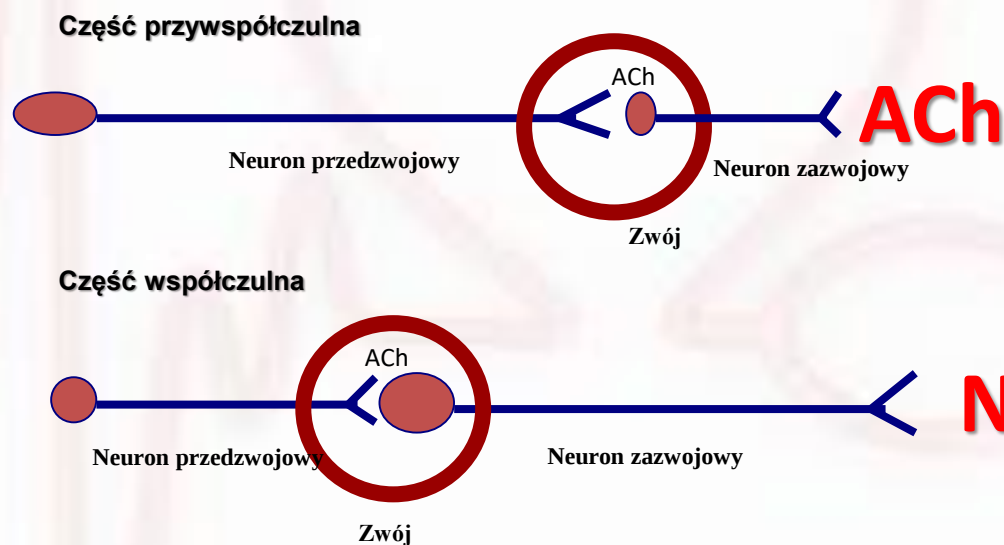
1. Część głowowa

Skupienia komórek w mózgowiu, które tworzą jądra przywspółczulne nerwów **III, VII, IX, X**, ich wypustki biegną z nerwami na obwód

2. Część krzyżowa

Włókna przywspółczulne rozpoczynające się w jądrze pośrednio-przyśrodkowym w rogach bocznych cz. krzyżowej rdzenia kręgowego

Autonomiczny układ nerwowy



Ujemny efekt:

- Inotropowy
- Chronotropowy
- Batmotropowy
- Dromotropowy

Dodatni efekt:

- Inotropowy (zwiększenie siły skurczów serca)
- Chronotropowy (zwiększenie częstotliwości skurczów)
- Batmotropowy (zwiększenie pobudliwości)
- Dromotropowy (zwiększenie przewodzenia stanu czynnego)

REGULACJA ODRUCHOWA KRAŻENIA

Baroreceptory; w zatoce szyjnej (miejsce podziału tętnicy szyjnej wspólnej na tętnicę szyjną wewnętrzną i zewnętrzną), w aorcie

-ulegają **pobudzaniu przy rozciąganiu ściany naczynia**

Hormony przyspieszające pracę serca

- Wytwarzana przez rdzeń nadnerczy **adrenalina** działa na pracę serca tak samo jak uwalniana z zakończeń pozazwojowych włókien współczulnych noradrenalina.
- Stres, utrata krwi, wysiłek fizyczny czy oziębienie, powodują zwiększenie uwalniania adrenaliny i noradrenaliny,
- **Glukagon**, wytwarzany w komórkach alfa trzustki, zwiększa częstotliwość rytmu serca poprzez zwiększone wydzielanie amin katecholowych
- **Tyroksyna** produkowana przez tarczycę, zwiększa tempo przemian metabolicznych w organizmie, co ma odniesienie także do serca i tempa jego pracy

Hormony zwalniające pracę serca

- Insulina, produkowana przez komórki beta trzustki, usprawnia transport glukozy do wnętrza komórek, w efekcie dochodzi do stopniowego obniżenia poziomu glukozy we krwi.
- Działanie antagonistyczne do glukagonu – glukagon przyspiesza, natomiast **insulina zwalnia czynność serca**

Wpływ jonów na pracę serca

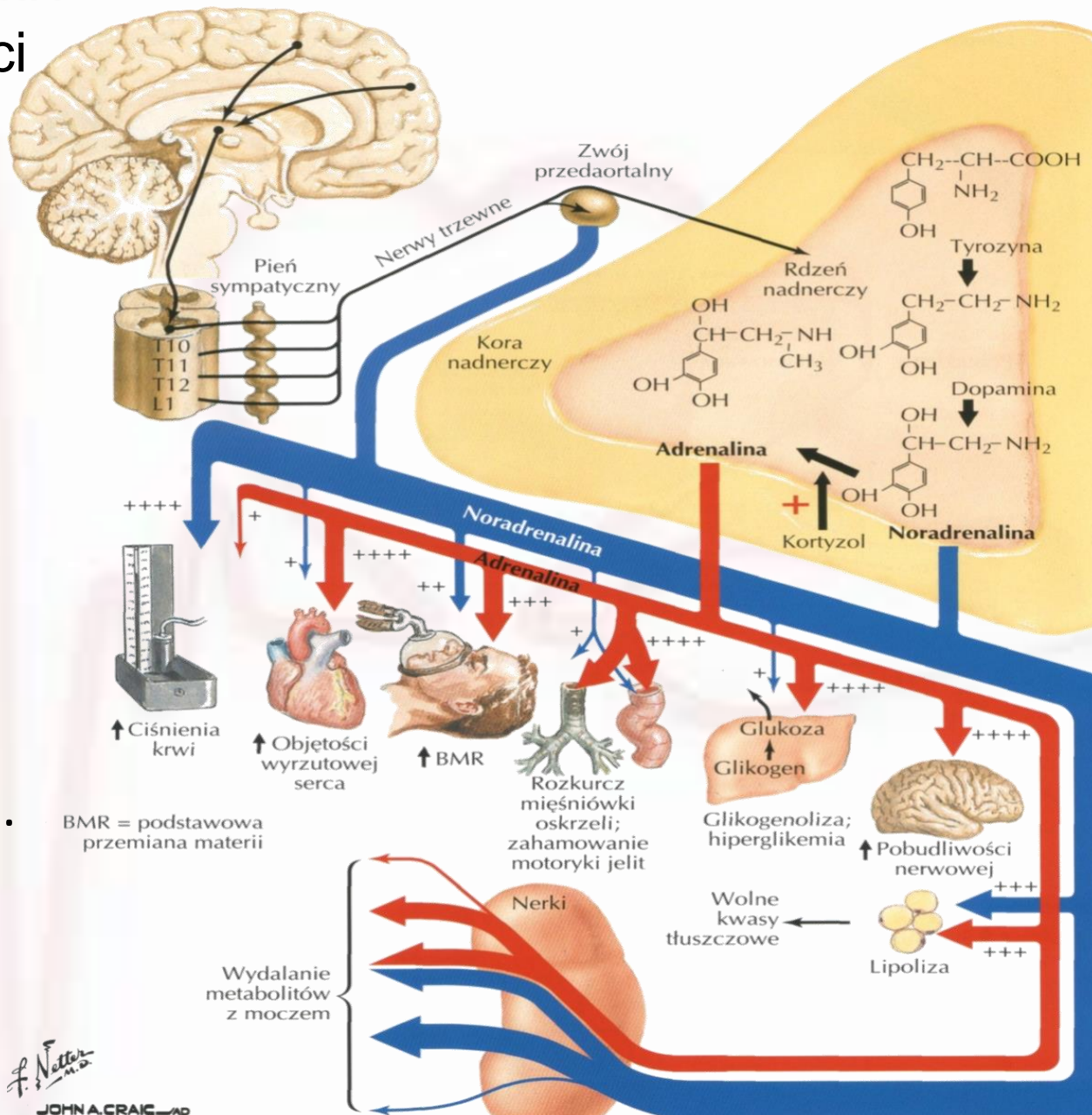
- **Wapń** - niezbędny do skurczu serca. Niedobór może skutkować nawet zatrzymaniem pracy serca,
- **Potas** - spadek poziomu prowadzi do wzrostu ciśnienia krwi i zaburzeń rytmu serca. Zbyt wysoki poziom (hiperkaliemia) może skutkować spowolnieniem tętna oraz zaburzeniami rytmu serca, z blokiem i zatrzymaniem akcji serca włącznie
- **Magnez** - przyczynia się do wzmocnienia naczyń krwionośnych i obniżenia ciśnienia krwi, co wpływa na efektywność pracy serca. **Pomaga** regulować poziom wapnia i poprawia wchłanianie potasu. Wpływa na utrzymanie prawidłowego **rytmu serca** i jest podawany dożylnie w celu zredukowania arytmii.

REGULACJA NERWOWA

Regulacja czynności dokrewnych przez układ autonomiczny

Komórki chromochłonne **rdzenia nadnerczy** są zmodyfikowanymi komórkami pozazwojowymi układu współczulnego.

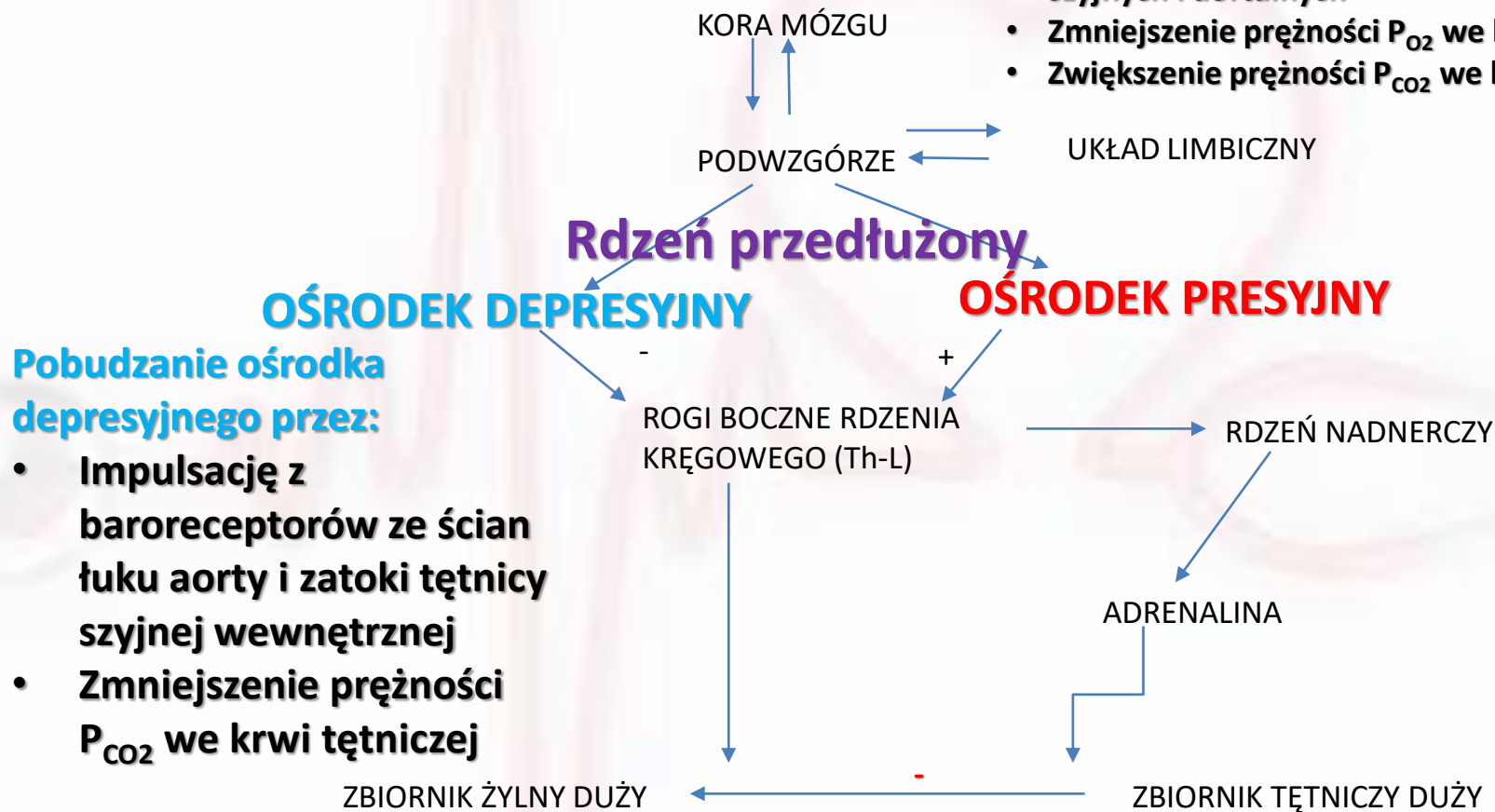
Produkują głównie **adrenalinę** (70-80%), w mniejszym stopniu **noradrenalinę**



OŚRODKOWA KONTROLA PRZEPŁYWU KRWI

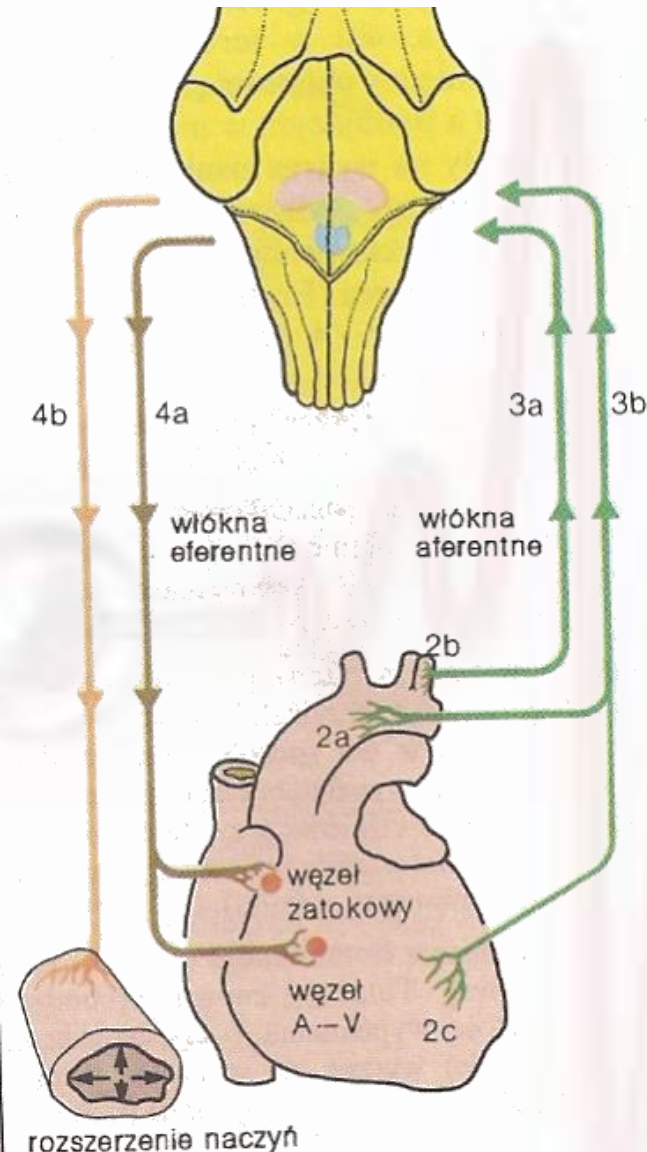
Pobudzanie ośrodka presyjnego przez:

- Ośrodki z wyższych pięter mózgowia
- Ośrodek oddechowy w rdzeniu przedłużonym
- Impulsy bólowe i z chemoreceptorów kłębków szyjnych i aortalnych
- Zmniejszenie prężności P_{O_2} we krwi tętniczej
- Zwiększenie prężności P_{CO_2} we krwi tętniczej



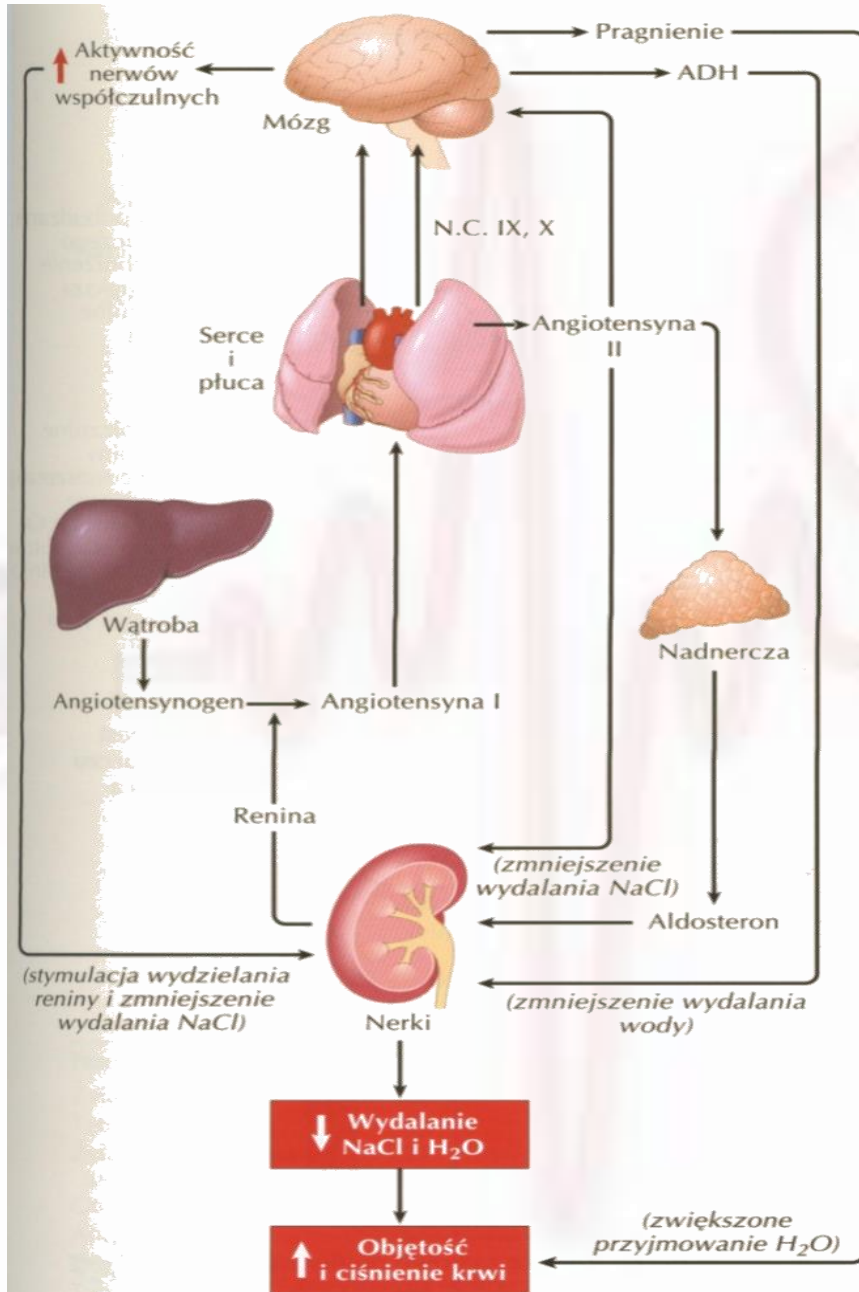
Regulacja ciśnienia tętniczego krwi

W warunkach prawidłowych ciśnienie tętnicze zarówno w pozycji leżącej i stojącej jest podobne

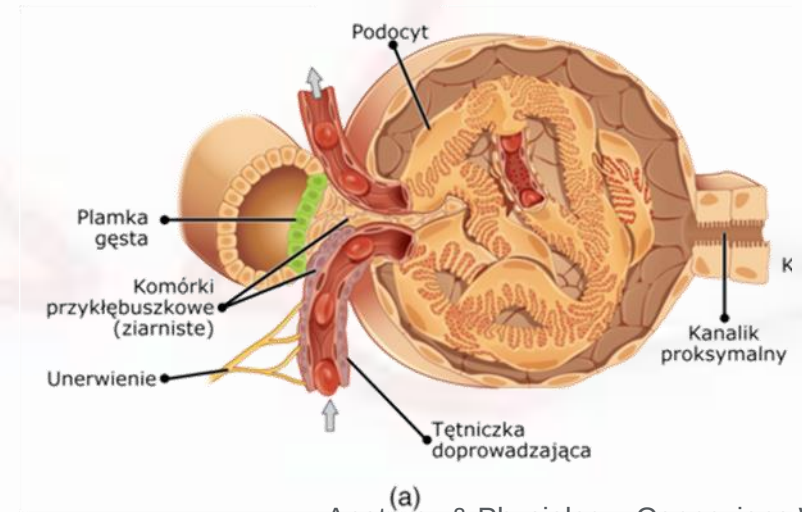


1. Pobudzenie	Ciśnienie tętnicze ↑
2. receptor	Baroreceptory w: a. aorcie b. tętnicy szyjnej c. lewej komorze
3. Wł. aferentne	a. n. językowo – gardłowy (IX) b. n. błędny (X)
4. Wł. eferentne	a. Pobudzenie układu przywspółczulnego ↓ bradykardia ↓ Zmniejszenie pojemności minutowej serca b. hamowanie ukl. współczul. ↓ rozkurcz naczyń ↓ spadek oporu obwod.
5. Odpowiedź	
6. Skutek pozytywny	OBNIŻENIE CIŚNIENIA TĘTNICZEGO KRWI

ODPOWIEŹ UKŁADU KRAŻENIA NA ZMNIEJSZENIE OBJĘTOŚCI I CIŚNIENIA TĘTNICZEGO KRWI



- Aparat przykłębuszkowy nerek wydziela reninę (glikoproteid), który przekształca Angiotensynę I w Angiotensynę II, czego efektem jest skurcz błony mięśniowej naczyń krwionośnych.



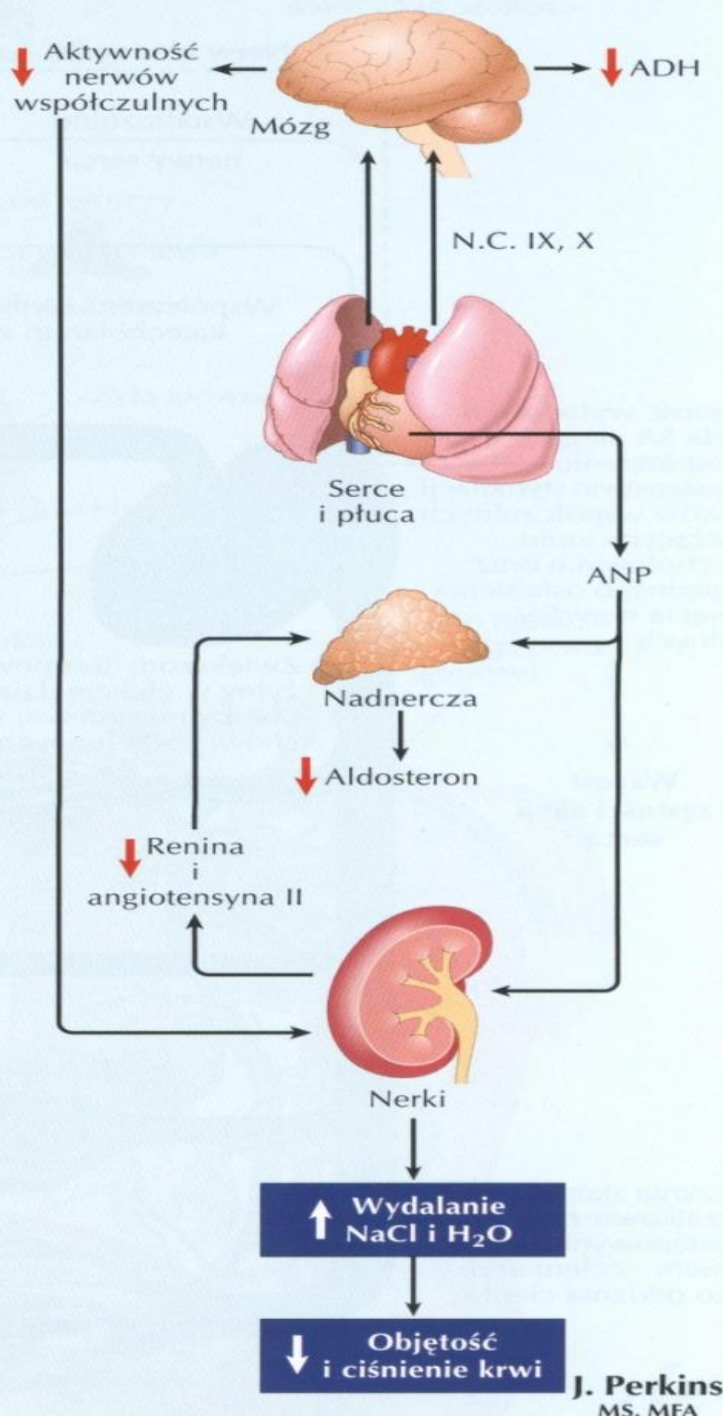
(a)
Anatomy & Physiology, Connexions Web site. <http://cnx.org/content/col11496/1>.

-Aldosteron – zwiększa resorpcję zwrotną Na⁺ z moczu pierwotnego i wydzielanie K⁺

REAKCJE NA ZWIĘKSZENIE OBJĘTOŚCI I CIŚNIENIA TĘTNICZEGO KRWI

← Podrażnienie baro- i mechanoreceptorów w sercu

← ANP- przedsionkowy peptyd natriuretyczny. wydzielany w odpowiedzi na rozciągnięcie ścian przedsionków
Zwiększa wydalanie sodu i wody przez nerki.



Czynniki pobudzające wydzielanie ADH

↑ Osmolarności płynów ustrojowych
↓ Objętości krwi
↓ Ciśnienia krwi
Angiotensyna II
Ból
Stres
Wymioty

Czynniki hamujące wydzielanie ADH

↓ Osmolarności płynów ustrojowych
↑ Objętości krwi
↑ Ciśnienia krwi
ANP
Alkohol

Komórki jąder przykomorowego i nadwzrostkowego otrzymują informację z osmoreceptorów, obwodowych baroreceptorów i wyższych ośrodków nerwowych

Transport aksonalny hormonu antydiuretycznego, a następnie jego uwalnianie do sieci kapilar tylnego płata przysadki

Hormon antydiuretyczny (ADH, wazopresyna)

ADH zwiększa przepuszczalność kanalików dystalnych nerek dla H_2O .

ADH zwiększa resorpcję zwrotną H_2O w cewkach zbiorczych nerek

ADH umożliwia resorpcję zwrotną 14-16 l przefiltrowanej wody. Dobowa produkcja moczu wynosi 1-2 l

Resorpcja zwrotna 90% wody i elektrolitów w kanalikach dystalnych i pętli Henlego (pozostaje 15-20 l przesączu kłębuszkowego)

Kłębuszki filtrują około 180 l osocza w ciągu doby

Ramię wstępujące pętli Henlego jest nieprzepuszczalne dla H_2O . Zachodzi tu aktywna resorpcja zwrotna elektrolitów, co prowadzi do powstania wysokiej osmolarności rdzenia nerek

Wymiana wody i elektrolitów pomiędzy krwią a tkankami: prawidłowa lub patologiczna (obrzęk)

Podaż płynów (drogą jelitową lub pozajelitową)
Utrata wody i elektrolitów (np. wymioty, biegunki, krwotoki, pocenie)

WAZOPRESYNA (ADH)

- Wzrost wydzielania powoduje wydalenie małej objętości stężonego moczu

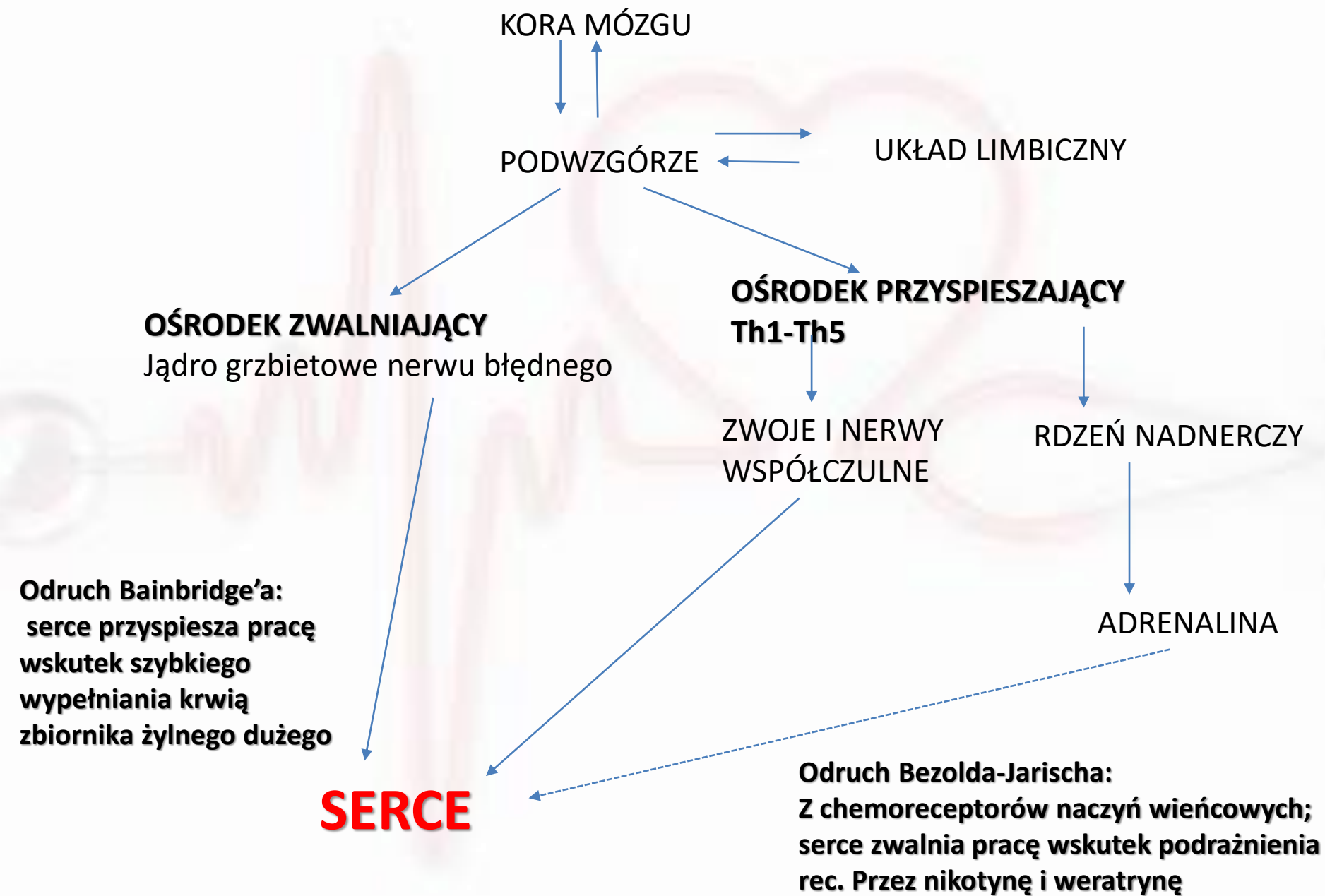
Odwodnienie organizmu

↑
Zwiększa przepuszczalność kanalików dystalnych nerek dla wody

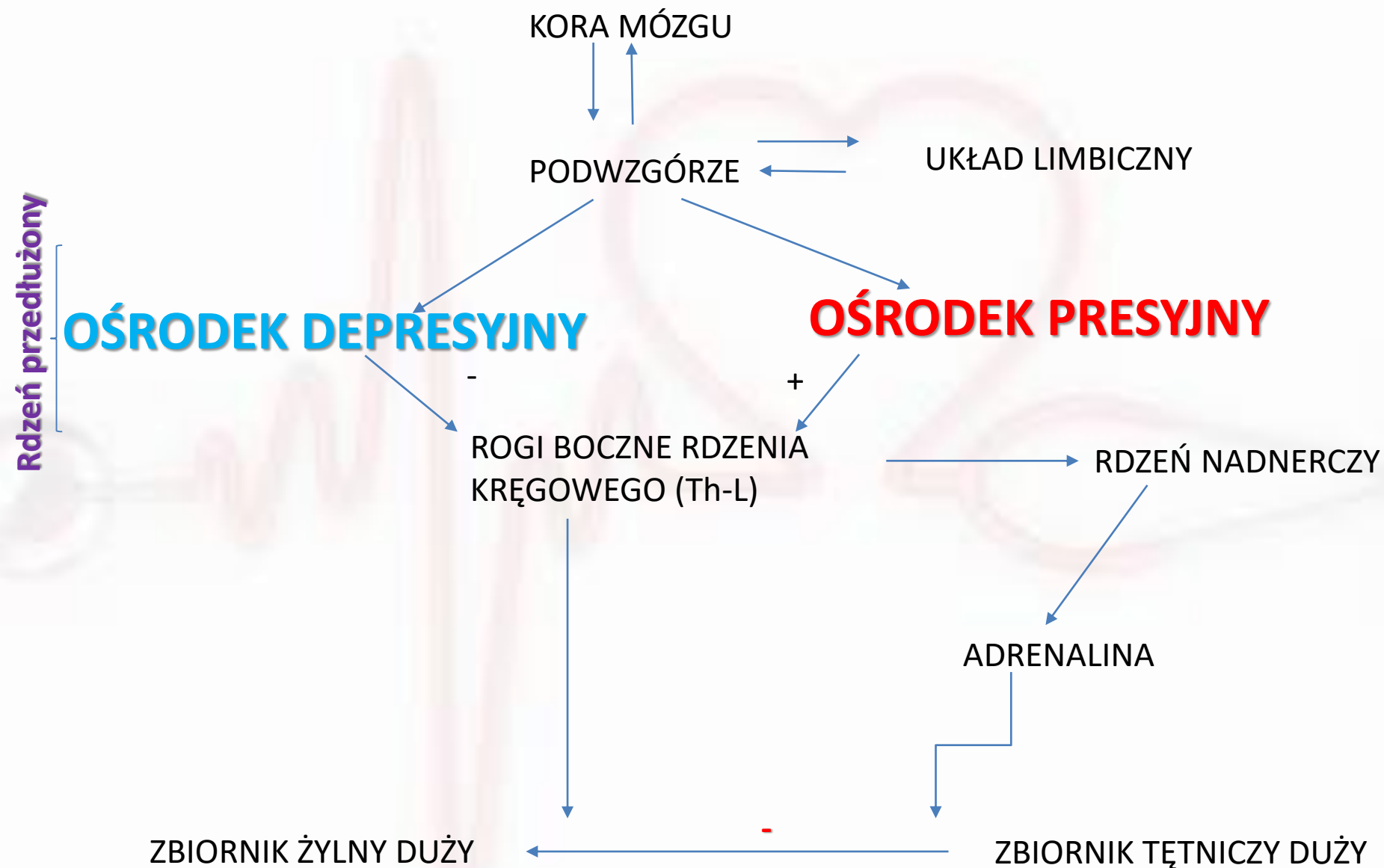
↑
Resorpcja zwrotna wody

F. Netter

OŚRODKOWA KONTROLA PRACY SERCA



OŚRODKOWA KONTROLA PRZEPŁYWU KRWI



Pobudzanie ośrodka presyjnego przez:

- Ośrodki z wyższych pięter mózgowia
- Ośrodek oddechowy w rdzeniu przedłużonym
- Impulsy bólowe i z chemoreceptorów kłębków szyjnych i aortalnych
- Zmniejszenie prężności P_{O_2} we krwi tętniczej
- Zwiększenie prężności P_{CO_2} we krwi tętniczej

Pobudzanie ośrodka depresyjnego przez:

- Impulsację z baroreceptorów ze ścian łuku aorty i zatoki tętnicy szyjnej wewnętrznej
- Zmniejszenie prężności P_{CO_2} we krwi tętniczej

Reakcje hemodynamiczne podczas próby Valsalvy

Faza I

W związku z wcześniej wykonanym głębokim wdechem naczynia krążenia płucnego są lepiej wypełnione krwią. Dlatego na początku zgromadzona w płucach krew jest przemieszczana do lewej jamy serca, co powoduje **chwilowy wzrost rzutu lewej komory i ciśnienia tętniczego** (zarówno skurczowego, jak i rozkurczowego).

Od początku fazy I zaczyna wzrastać całkowity opór naczyniowy.

Faza II

Utrzymywanie się zwiększonego ciśnienia w klatce piersiowej utrudnia powrót żylny krwi do prawej i lewej komory. Dochodzi do zmniejszenia objętości późnorozkurczowej, co z kolei powoduje **spadek objętości wyrzutowej**, ciśnienia tętniczego skurczowego i średniego, a także ciśnienia tętna. W tym czasie dochodzi do dalszego przyspieszenia pracy serca wiążącego się z odbarczeniem baroreceptorów i narastającą stymulacją współczulną.

Faza III

Okres wydechu doprowadzający do obniżenia ciśnienia w klatce piersiowej przyczynia się do nagłego spadku oporu naczyniowego, co powoduje dynamiczne zmniejszenie ciśnienia tętniczego, obciążenia następczego i stopniową normalizację podatności tętniczej. Sprawia to, że jeszcze w tej fazie praca serca ulega dalszemu przyspieszeniu.

Faza IV

tuż po zakończeniu natężonego wydechu. Zwiększenie ciśnienia tętniczego powoduje chwilowe, względne „nadciśnienie”, które pobudza baroreceptory i prowadzi do odruchowego spowolnienia pracy serca. W tej fazie dochodzi ostatecznie do normalizacji ciśnienia tętniczego