

UKŁAD KRAŻENIA - FIZJOLOGIA

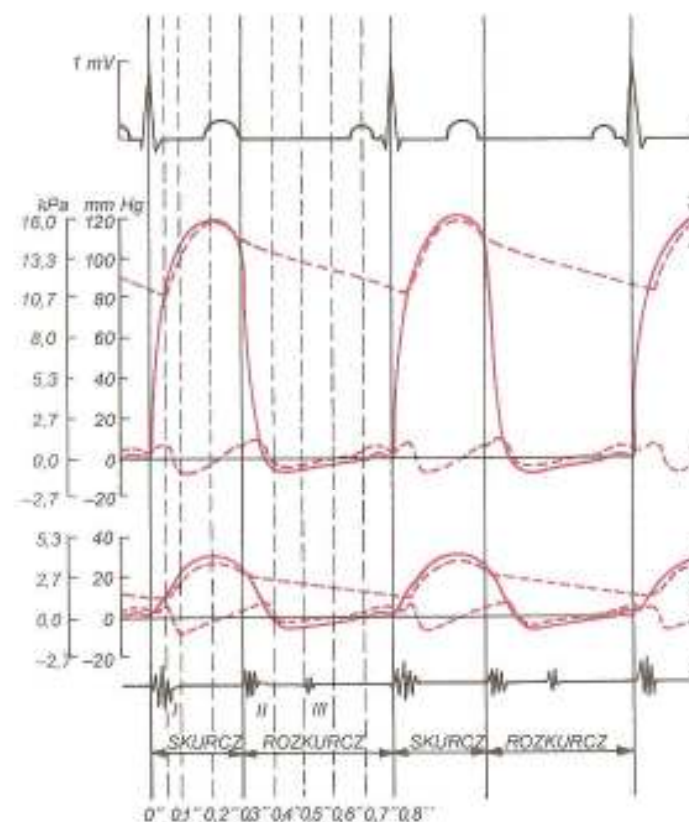
CZYNNOŚĆ MECHANICZNA SERCA

1. **CYKL PRACY SERCA – 1. NAPŁYW KRWI DO PRZEDSIONKÓW ZE ZBIORNIKÓW ŻYLNÝCH I PRZEZ OTWARTE UJŚCIA PRZEDSIONKOWOWE – KOMOROWE DO KOMÓR W FAZIE ROZKURCZU – SZYBKI NAPELNIANIE KOMÓR KRWIĄ**
2. **2. KURCZA SIĘ MIĘŚNIE PRZEDSIONKÓW – KREW Z PRZEDSIONKÓW ZOSTAJE WTŁOCZONA DO KOMÓR PRZEZ OTWARTE UJŚCIA PRZEDSIONKOWOWE- KOMOROWE**
3. **3. SKURCZ IZOWOLUMETRYCZNY KOMÓR – POCZĄTEK SKURCZU KOMÓR – ZASTAWKI PRZEDSIONKOWE – KOMOROWE PRAWA (trójdzielna) I LEWA (dwudzielna) ZAMYKAJĄ SIĘ**
4. **4. NAPIĘCIE MIĘŚNIA KOMÓR WZRASTA – NASTĘPUJE SZYBKI WZROAST CIŚNIENIA W KOMORACH, CIŚNIENIE KRWI W KOMORACH PRZEWYŻSZA CIŚNIEIE KRWI W ZBIORNIKACH TĘTNICZYCH – ZASTAWKI PNIA PŁUCNEGO I AORTY OTWIERAJĄ SIĘ – KREW PRZEDOSTAJE SIĘ DO ZBIORNIKÓW TĘTNICZYCH – SKURCZ IZOTONICZNY KOMÓR**
5. **5. FAZA ROZKURCZU – OKRES PROTODIASTOLICZNY – CISNIENIE W KOMORACH ZACZYNA OPADAĆ – ROZKURCZ IZOWOLUMETRYCZNY- ZASTAWKI PNIE PLUCNEGO I AORTY ORAZ PRZESIONKOWOWE- KOMOROWE SĄ ZAMKNIETE**
6. **6. OKRES SZYBKIEGO WYPEŁNIE IA KOMÓR - OTWIERAJA SIĘ ZASTAWKI PRZEDSIONKOWE – KOMOROWE NASTĘPUJE PRZEPŁYW KRWI DO KOMÓR NAGROMADZONEJ W PRZESIONKACH**
7. **7. OKRES PRZERWY – KURCZENIE SIĘ PRZEDSIONKÓW I DRUGA PORCJA KRWI WYPELNIAJACA JAMY PRZEDSIONKÓW ZOSTAJE WTŁOCZONA DO KOMÓR – CYKL ZACZYNA SIĘ SKURCZEM IZOWOLUMETRYCZNYM KOMÓR**

Tabela 28

Cykl pracy serca

Fazy cyklu pracy serca		Czas trwania (ms)	Zastawki		
			przedsionkowo-komorowe	pnia płucnego i aorty	
Rozkurcz komór	okres protodiastoliczny		zamknięte	zamknięte	
	izowolumetryczny				
	okres szybkiego wypełniania się komór		otwarte		
	przerwa				
	skurcz przedsionków				
Skurcz komór	izowolumetryczny	50	zamknięte	otwarte	
	izotoniczny	okres maksymalnego wyrzutu			90
		okres zredukowanego wyrzutu			130
Rozkurcz komór	okres protodiastoliczny	40	otwarte	zamknięte	
	izowolumetryczny	80			
	okres szybkiego wypełniania się komór	110			
	przerwa	190			
	skurcz przedsionków	110			
Łączny czas trwania skurczu i rozkurczu komór		800			



Ryc. 175. Zjawiska elektryczne i mechaniczne zachodzące w sercu w czasie dwóch cykli. 1 – elektrokarдиограм, 2 – ciśnienie krwi w lewej komorze, 3 – ciśnienie krwi w aortcie, 4 – ciśnienie krwi w lewym przedsionku, 5 – ciśnienie krwi w prawej komorze, 6 – ciśnienie krwi w pniu płucnym, 7 – ciśnienie krwi w prawym przedsionku, 8 – fonokardiogram: I, II i III ton serca.



UKŁAD KRAŻENIA - FIZJOLOGIA

CZYNNOŚĆ MECHANICZNA SERCA

OBJĘTOŚĆ WYRZUTOWA SERCA (SV)– ilość krwi włączanej przez jedna z komór serca do odpowiedniego zbiornika tętniczego – u mężczyzny w pozycji leżącej, o wadze 70 kg, w spoczynku każda z komór tłoczy około 75 ml krwi w czasie jednego cyklu pracy serca – w końcu skurczu pozostaje w każdej komorze około 50 ml krwi – objętość krwi zalęgającej.

FRAKCJA WYRZUTOWA- stosunek objętości wyrzutowej - 75 ml – do objętości późnorozkurczowej – 50 ml

POJEMNOŚĆ MINUTOWA SERCA – ilość krwi tłoczona przez jedna z komór w czasie 1 minuty- wynosi około 90 ml/s – 5,4 L/min krwi – przy przeliczeniu na 1 m² powierzchni ciała – wskaźnik sercowy – 53 ml/s/m² – 3,2 l/min/m²

Możliwość zwiększenia pojemności wyrzutowej

- 1.Zwiększenie objętości wyrzutowej -
- 2.Przyspieszenie częstości skurczów serca



UKŁAD KRAŻENIA - FIZJOLOGIA

CZYNNOŚĆ MECHANICZNA SERCA

Możliwość zwiększenia pojemności wyrzutowej

1. Zwiększenie objętości wyrzutowej - SV – zależy od skurczu mięśnia komór – ta zależy od początkowego rozciągnięcia komórek mięśnia – objętość krwi zalęgającej – ciśnieniem panującym w zbiornikach tętniczych i transmitterami układu autonomicznego uwalnianymi z zakończeń nerwowych w mięśniu sercowym – w wysiłku fizycznym pojemność minutowa wzrasta kilkukrotnie w stosunku do pojemności minutowej w czasie spoczynku. Objętości wyrzutowa – zależy od stopnia wypełnienia komór w końcu rozkurczu – od warunków przepływu krwi w zbiorniku żylnym dużym – zwiększenie całkowitej objętości krwi krążącej - obniżenie ujemnego ciśnienia wewnątrz klatki piersiowej - pogłębienie oddechów, praca mięśni szkieletowych – uciskanie żył.

Całkowity obwodowy opór naczyniowy – wpływ jego podwyższenia i obniżenia.

2. CZYNNIKI NERWOWE I HUMORALNE WPLYWAJĄCE NA MIĘSIEŃ SERCOWY

INOTROPOWE – zwiększenie siły skurczu mięśnia sercowego

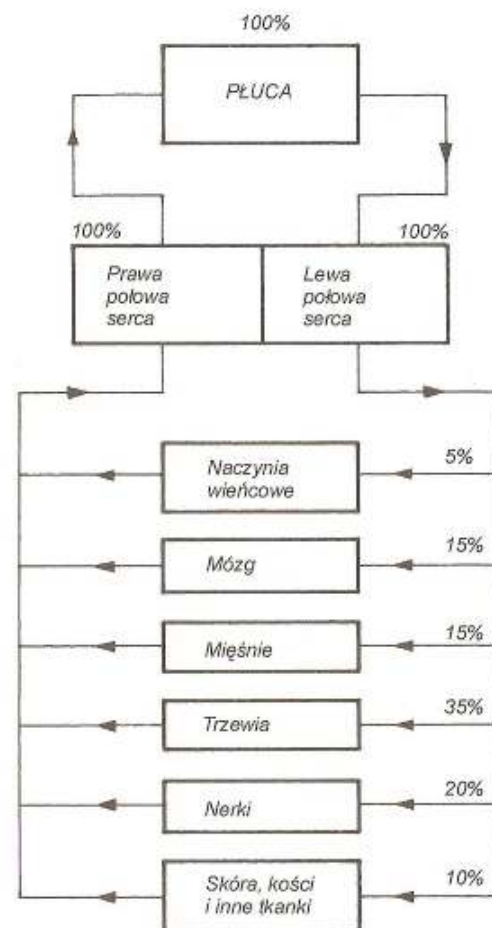
CHRONOTROPOWE - przyspieszenie częstości skurczów serca

DROMOTROPOWE – zwiększenie przewodzenia stanu czynnego

BATMOTROPOWE – zwiększenie pobudliwości

NORADRENALINA – uwalniana z zakończeń nerwów współczulnych ma działanie dodatnie – jw. – poprzez receptory beta-adrenoergiczne i cyklazę adenylową

ACETYLOCHILONA - uwalniana z zakończeń nerwów przywspółczulnych ma działanie ujemne jw. SKAN 332

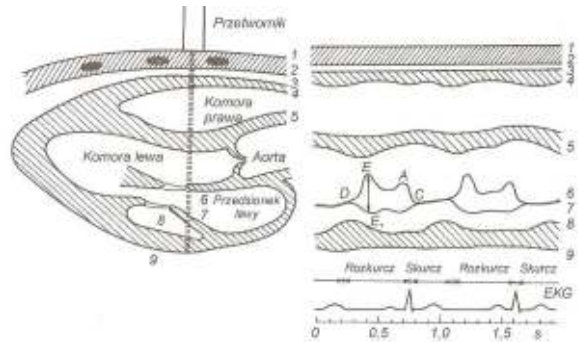


Ryc. 176. Przepływ krwi przez poszczególne narządy w spoczynku wyrażony w procentach w stosunku do pojemności minutowej prawej i lewej komory serca.

UKŁAD KRAŻENIA - FIZJOLOGIA

CZYNNOŚĆ MECHANICZNA SERCA

ECHOKARDIOGRAFIA – wykorzystuje się fale ultradźwiękowe generowane przez kryształ piezoelektryczny znajdujący się w przetworniku przystawionym do skóry klatki piersiowej nad sercem. Odbijające się fale ultradźwiękowe powracają do przetwornika z różnym opóźnieniem w zależności od głębokości powierzchni je odbijających.



Ryc. 177. Zasada uzyskania echokardiogramu. Po lewej: schemat przekroju serca w rozkurczu w klatce piersiowej. Po prawej: schemat echokardiogramu uzyskanego w czasie dwóch cykli pracy serca. Wiązka fal ultradźwiękowych kolejno odbija się od: powierzchni zewnętrznej (1) i wewnętrznej (2) ściany klatki piersiowej, powierzchni zewnętrznej (3) i wewnętrznej (4) ściany przedniej komory prawej, przegrody międzykomorowej (5), przedniego (6) i tylnego (7) płatka zastawki dwudzielnej, powierzchni wewnętrznej (8) i zewnętrznej (9) ściany tylnej komory lewej. D – rozwieranie się płatków zastawki dwudzielnej, E-E₁ – maksymalne rozwarcie płatków zastawki dwudzielnej, A – rozwarcie płatków zastawki dwudzielnej w czasie skurczu przedsionka lewego, C – zamknięcie zastawki dwudzielnej. EKG – odprowadzenie II kończynowe.

Korelacja pomiędzy zarejestrowanymi procesami elektrycznymi w EKG – z procesami mechanicznymi zarejestrowanymi w echokardiogramie sposobem M – pozwala ocenić:

1. Czas skurczu i rozkurczu komór
2. Szerokość światła prawej i lewej komory
3. Grubość ściany przedniej prawej komory, grubość przegrody międzykomorowej, grubość ściany tylnej lewej komory
4. Pomiar rozwarcia płatków zastawki dwudzielnej

UKŁAD KRAŻENIA - FIZJOLOGIA

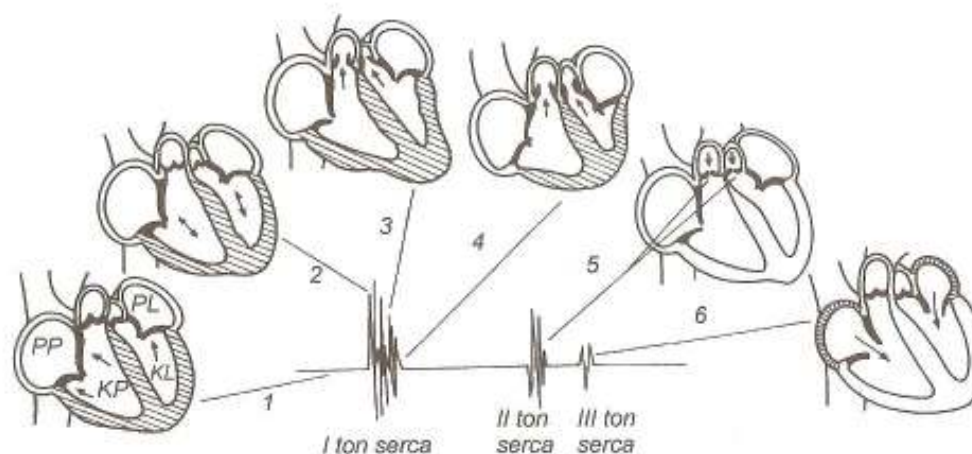
CZYNNOŚĆ MECHANICZNA SERCA

ZJAWISKA AKUSTYCZNE – drgania towarzyszące pracy serca są niejednorodnej częstotliwości - w praktyce lekarskiej dzieli się je na tony – fizjologiczne i szmery – patologiczne.

W pracy serca występują tony:

1. Pierwszy ton serca – wywołany zamykaniem zastawek przedsionkowo – komorowych - początek skurczu serca
2. Drugi ton serca – powstaje w momencie zamykania zastawek aorty i pnia płucnego
3. Trzeci ton serca – występuje w rozkurczu w okresie wypełniania się komór krwią napływającą z przedsionków

Zjawiska akustyczne występujące w sercu można zarejestrować w postaci fonokardiogramu.



Ryc. 178. Fonokardiogram I, II i III tonu serca oraz mechanizm powstawania poszczególnych drgań. PP – przedsionek prawy, KP – komora prawa, PL – przedsionek lewy, KL – komora lewa.

UKŁAD KRAŻENIA - FIZJOLOGIA

CZYNNOŚĆ MECHANICZNA SERCA KRAŻENIE WIĘNCOWE

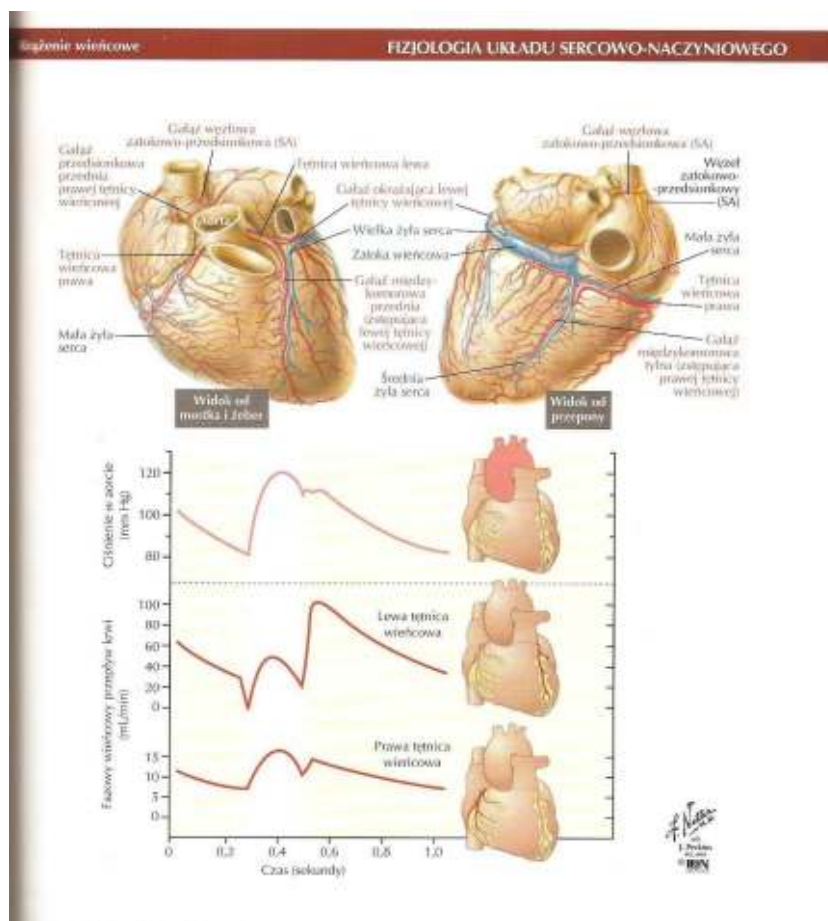


Fig. 4.12. Krążenie wieńcowe

... wieńcowe odbioda od aury tuż powyżej zastawki aorty. Ciśnienie wieńcowe zmienia się wraz ze zmianami ciśnienia w aorty (z od wpływem czynników fizycznych, takich jak naczyń podczas pracy serca) i czynników metabolicznych (wzrost temperatury i pH krwi). Wiele metabolicznych czynników bierze udział w regulacji wieńcowego przepływu krwi (np. H^+ , CO_2 , obniżenie O_2 ,

K^+ , kwas mlekowy, białek, azotu, adenyliczna). Pośród tych czynników adenyliczna wydaje się być najważniejszą. Zatem, kiedy wzrosła praca serca, adenyliczna uwolniona przez mioocyty prowadzi do rozszerzenia naczyń wieńcowych i zwiększenia wieńcowego przepływu krwi.

UKŁAD KRAŻENIA - FIZJOLOGIA

KRAŻENIEN DUŻE - komora lewa – zbiornik tętniczy duży (ZTD) – sieć naczyń włosowatych - zbiornik żylny duży (ZŻD).

ZTD – pojęcie czynnościowe – zawiera krew wypełniającą wszystkie duże, średnie i małe tętnice krążenia dużego – charakteryzują parametry:

1. Pojemność. 2. Ciśnienie. 3. Prędkość przepływu. 4. Fala tętna.

Ciśnienie tętnicze krwi – zależy od dopływu i odpływu krwi ze zbiornika tętniczego – przy zrównoważonym napływie i odpływie średnie ciśnienie nie ulega zmianom – przy nie zmienionym napięciu ścian tętnic – wywołwane skurczem błony mięśniowej.

CISNIENIE SKURCZOWE – maksymalny wyrzut lewej komory – mierzone na tętnicy ramiennej na poziomie ujścia lewej komory do aorty – wynosi 120 mm Hg (16 kPa).

CISNIENIE ROZKURCZOWE – w rozkurczu i w fazie skurczu izowolumetruicznego komór, przed otwarciem zastawek aorty – najniższe - 70 mmHg (9,3 kPa).

NAPIECIE SPRĘŻYSTE – rozciągnięcie ściany zbiornika tętniczego – zapewnia utrzymanie ciśnienia w okresach rozkurczu.

ŚREDNIE CIŚNIENIE TĘTNICZE – w pozycji leżącej wynosi – 90 mm Hg (12 kPa), wahania 50 mm Hg – 6,7 kPa. W pozycji stojącej – występują różnice wynikające z siły ciężarzenia – powyżej serca jest opada, poniżej wzrasta.



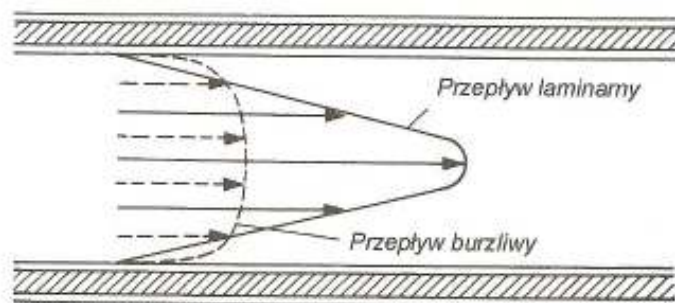
Ryc. 180. Ciśnienie krwi w tętnicach, tętniczkach, naczyniach włosowatych i żyłach krążenia dużego. Gradient ciśnienia w tętnicach, w sieci naczyń włosowatych i w żyłach. Średnie ciśnienie: tętnicze – 12,0 kPa, w naczyniach włosowatych przytętnicznych – 4,3 kPa i w naczyniach włosowatych przyżylnych – 1,6 kPa.

UKŁAD KRAŻENIA - FIZJOLOGIA

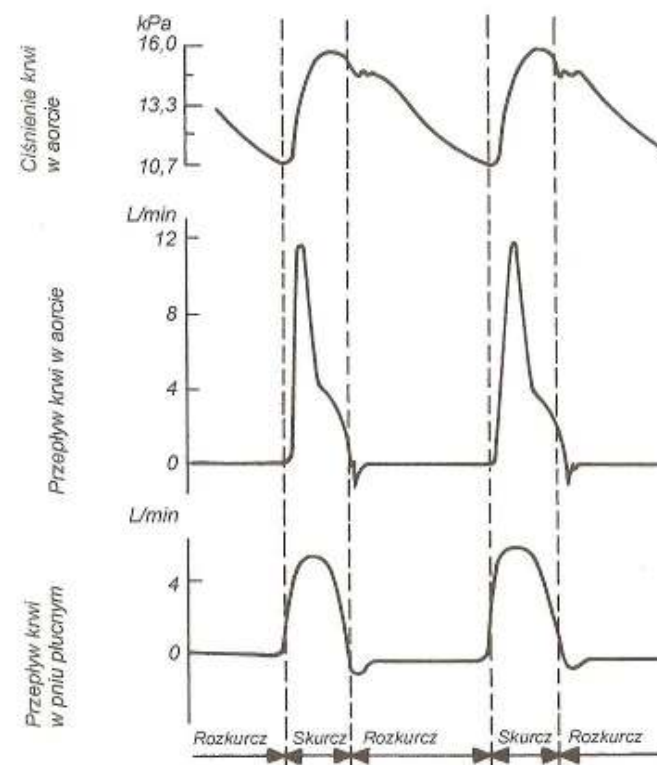
KRAŻENIEN DUŻE – Przepływ krwi – 5,4 L/min – dopływa do zbiornika tętniczego i tyle samo odpływa do sieci naczyń włosowatych.

Przepływ odbywa się zgodnie z gradientem ciśnienia – od serca do naczyń włosowatych.

Przepływ ma charakter pulsujący – zwiększa się w czasie skurczu – zmniejsza do zera w czasie rozkurczu. Prędkość przepływu – 0,6 m/s w aorcie – kilka cm/s w tętnicach o małej średnicy. Odpływ zależy od światła naczyń oporowych i właściwości krwi – jej lepkości.



Ryc. 181. Przepływ burzliwy (linia przerywana) i przepływ laminarny krwi przez naczynie krwionośne.

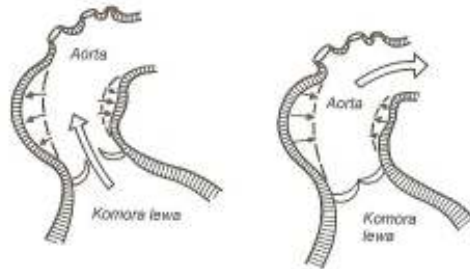


Ryc. 182. Ciśnienie i przepływ krwi w aorcie i w pniu płucnym.

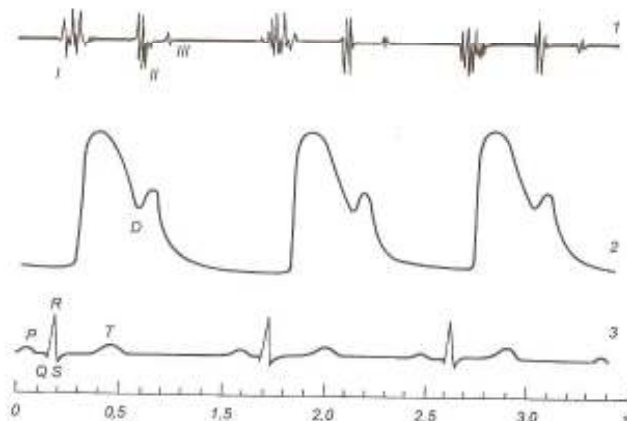
UKŁAD KRAŻENIA - FIZJOLOGIA

KRAŻENIEN DUŻE - Fala tętna – fala ciśnienia + odkształcenie ściany tętnic – rozchodzi się wzdłuż ZTD od serca do naczyń przedwłosowatych tętniczych. Prędkość rozchodzenia się fali tętna zależy od elastyczności ścian tętnic – 5 – 9 m/s – im bardziej elastyczne tym fala tętna rozchodzi się wolniej.

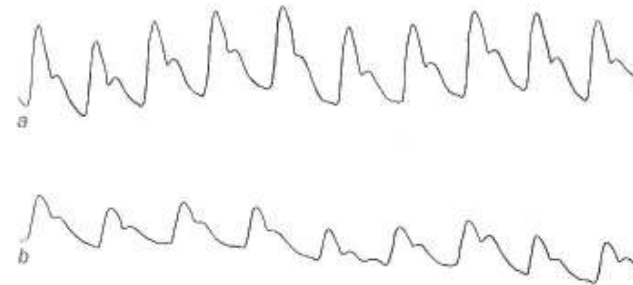
SFIGMOGRAM – odebrana za pomocą czujników i zarejestrowana na papierze.



Ryc. 183. Powstawanie fali tętna w aorcie w czasie wyrzutu krwi z lewej komory serca.



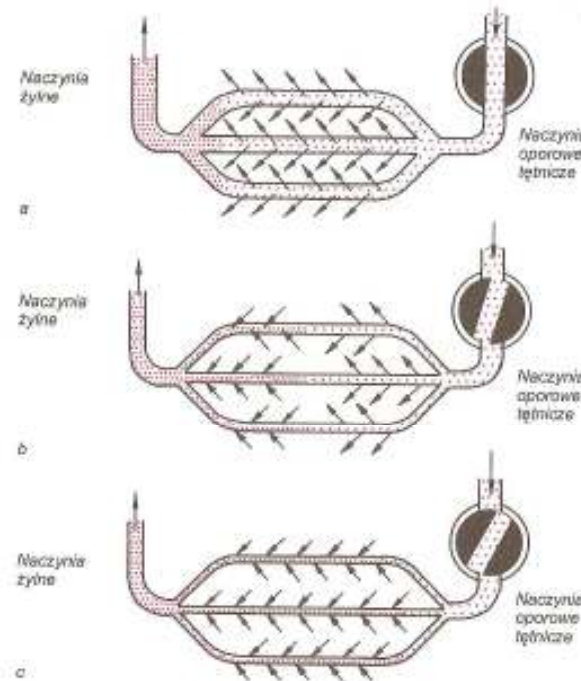
Ryc. 184. Fonokardiogram (1), sfigmogram lewej tętnicy szyjnej wspólnej (2) i elektrokardiogram (3) odprowadzenia II kończynowego zarejestrowane w czasie trzech cykli pracy serca. Fonokardiogram: I, II i III ton serca. Sfigmogram: D – załamek dykrotyczny. Elektrokardiogram: załamki P, Q, R, S i T.



Ryc. 185. Fala tętna odebrana z: *a* – tętnicy szyjnej wspólnej; *b* – tętnicy promieniowej.

UKŁAD KRAŻENIA - FIZJOLOGIA

KRAŻENIEN DUŻE – Rola naczyń oporowych – rozszerzenie małych tętniczek – zwiększa przepływ naczyniowy, zwężenie zaś zmniejsz przepływ naczyniowy



Ryc. 186. Czynność naczyń oporowych przedstawiona w postaci kurków; *a* – naczynia oporowe całkowicie rozszerzone – przekrwienie; *b* – naczynia oporowe częściowo zwężone – prawidłowe krążenie; *c* – naczynia oporowe całkowicie zwężone – niedokrwienie. Strzałki symbolizują filtrację i resorpcję przez ścianę naczynia włosowatego.

Opór naczyniowy – całkowity opór naczyniowy (TPR)– proporcjonalny do różnicy ciśnień – między – ZT a ZZ.

Jednostka oporu naczyniowego - PRU – $TPR = 1 PRU$ – może wzrosnąć maksymalnie do 4 PRU – skurcz małych naczyń tętniczych lub zmniejszyć się do $\frac{1}{4}$ PRU przy rozkurczu małych naczyń tętniczych

UKŁAD KRAŻENIA - FIZJOLOGIA

ZBIORNIK ŻYLNÝ DUŻY – – pojęcie czynnościowe – zawiera krew wypełniającą wszystkie duże, średnie i małe żyły krążenia dużego –

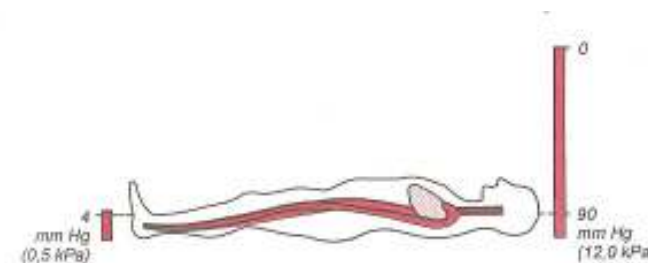
Charakteryzują parametry:

1. Pojemność. 2. Ciśnienie. 3. Prędkość przepływu krwi.

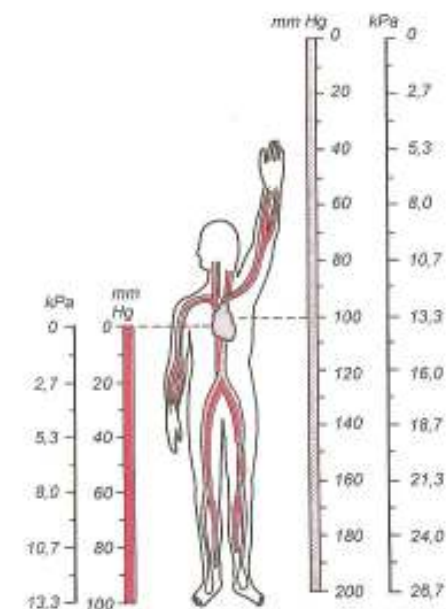
Pojemność – w zbiorniku żylnym jest zgromadzone około 2,7 L krwi – 54% całkowitej objętości krwi krążącej w organizmie człowieka

Ciśnienie – zależy od miejsca pomiaru i pozycji ciała – w żyłę głównej dolnej i górnej przy ujściu do przedsionka, w pozycji leżącej - 0,5 kPa – ciśnienie żyłne centralne.

Ciśnienie żyłne obwodowe – od naczyń włosowatych do prawego przedsionka ciśnienie obniża się – w małych naczyniach żylnych na poziomie przedsionka – 2 kPa – w dużych żyłach w klatce piersiowej 0,6 kPa – pomiar w spoczynku, w pozycji leżącej na poziomie prawego przedsionka



Ryc. 187. Ciśnienie w zbiorniku tętniczym dużym (po prawej) i w zbiorniku żylnym dużym (po lewej) u człowieka leżącego.



Ryc. 188. Rozkład ciśnień w zbiorniku tętniczym dużym (po prawej) i w zbiorniku żylnym dużym (po lewej) na różnych ich wysokościach u człowieka stojącego, spowodowany działaniem ciśnienia hydrostatycznego i siły ciężkości.



Przedmiot:

Politechnika Gdańska, *Inżynieria Biomedyczna*

UKŁAD KRAŻENIA - FIZJOLOGIA

ZBIORNIK ŻYLNÝ DUŻY - Prędkość przepływu krwi

Prędkość przepływu krwi w ZŻD – są całkowicie inne od warunków w ZTD

Krew płynie do prawego przedsionka dzięki:

- 1. Ruchy klatki piersiowej i ssącemu działaniu serca – siła od przodu**
- 2. Resztkowemu gradientowi ciśnienia – wytworzony dzięki skurczom lewej komory – siła od tyłu**
- 3. Pompie mięśniowej - siła z boku – skurcze mięśni szkieletowych i zastawki żyłne**

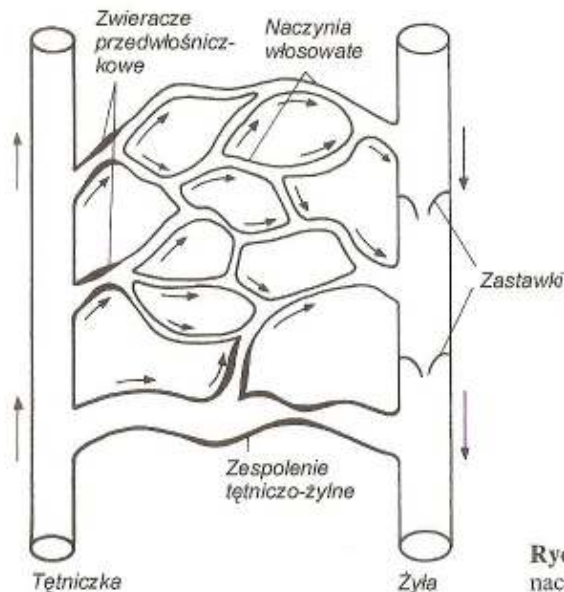
Przez ZŻD przepływa w ciągu 1 minuty 5,4 l, średnia prędkość przepływu – 0,4 m/s

UKŁAD KRAŻENIA - FIZJOLOGIA

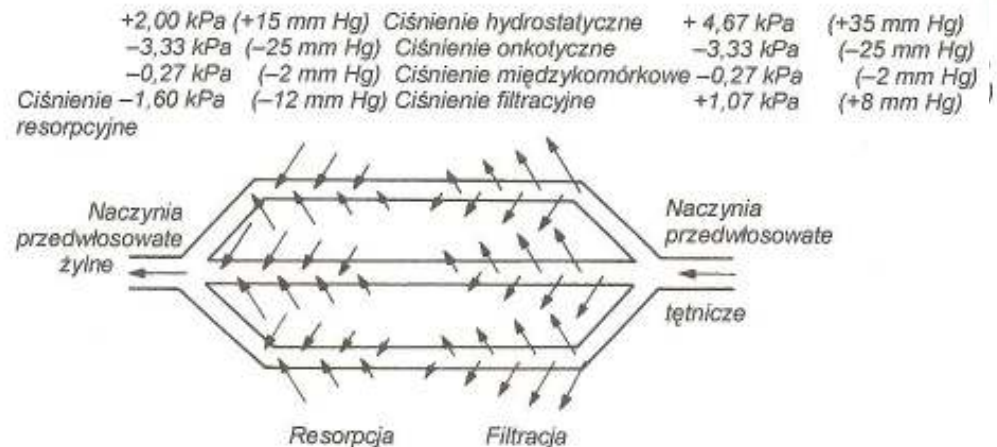
KRAŻENI KRWI W NACZYNIACH WŁOSOWATYCH

Prędkość przepływu – 0,5 mm/s. Czas przepływu – 1-2 s. 5% całkowitej objętości krwi krążącej. Odgrywa zasadniczą rolę w wymianie wszystkich związków – pomiędzy krwią a tkankami – na zasadzie dyfuzji, filtracji i resorpcji. Ciśnienie krwi w naczyniach włosowatych przytętnicznych – 4,6 kPa a przyżylnych 2 kPa – spadek wynosi 2,6 kPa.

0,25% objętości krwi przepływającej przez naczynia włosowate filtruje się do przestrzeni zewnątrzkomórkowej, większość wraca – od 2 – 4 L płynu dostaje się do naczyń chłonnych.



Ryc. 189. Krążenie krwi w naczyniach włosowatych.

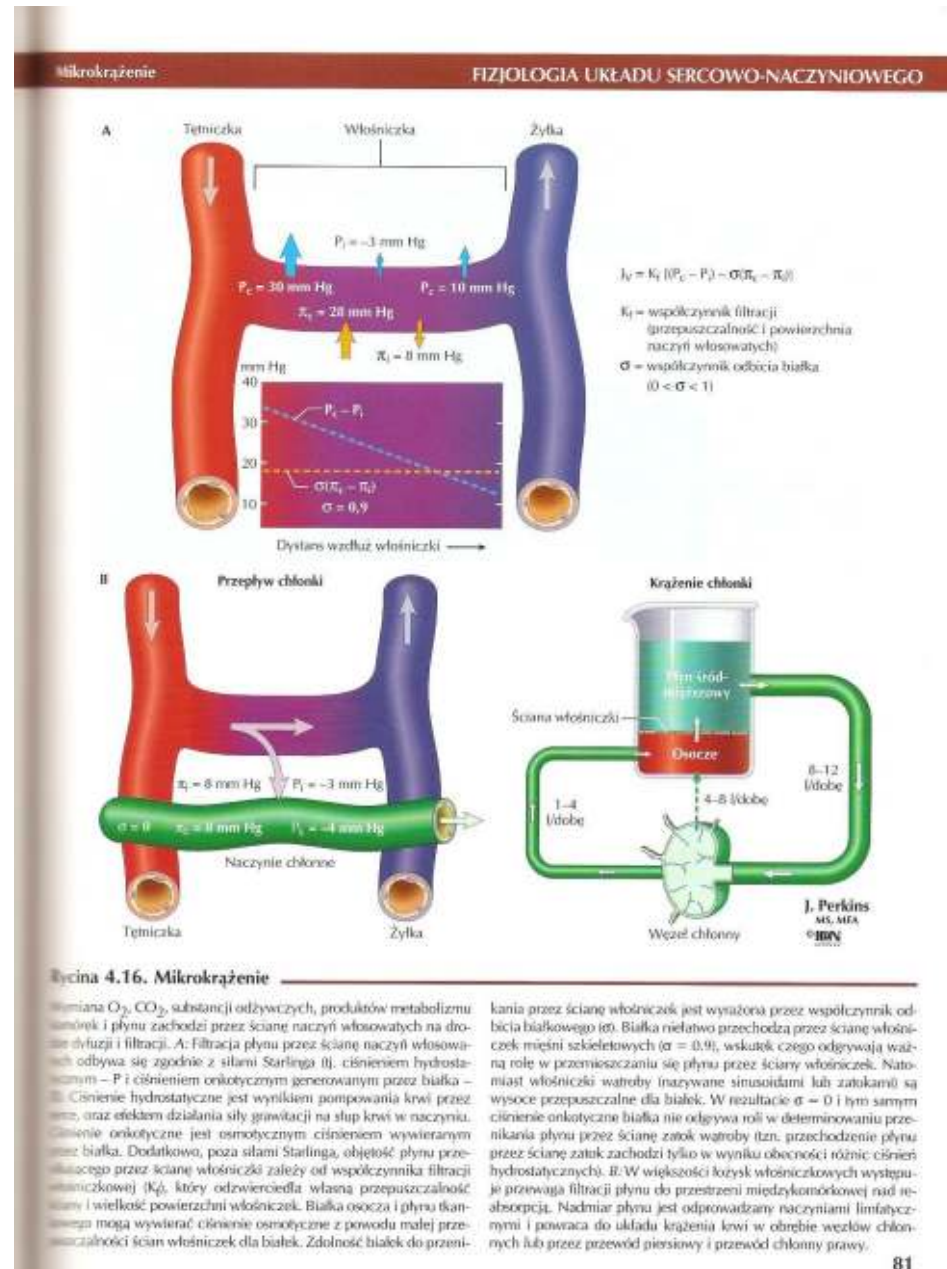


Ryc. 190. Filtracja i resorpcja wody, składników drobnocząsteczkowych w naczyniach włosowatych przytętnicznych i przyżylnych.

UKŁAD KRAŻENIA - FIZJOLOGIA

KRAŻENI KRWI W NACZYNIACH WŁOSOWATYCH

Prędkość przepływu – 0,5 mm/s. Czas przepływu – 1-2 s. 5% całkowitej objętości krwi krążącej. Odgrywa zasadniczą rolę w wymianie wszystkich związków – pomiędzy krwią a tkankami – na zasadzie dyfuzji, filtracji i resorpcji. Ciśnienie krwi w naczyniach włosowatych przytętnicznych – 4,6 kPa a przyżylnych 2 kPa – spadek wynosi 2,6 kPa. 0,25% objętości krwi przepływającej przez naczynia włosowate filtruje się do przestrzeni zewnątrzkomórkowej, większość wraca – od 2 – 4 L płynu dostaje się do naczyń chłonnych.



Rycina 4.16. Mikrokrążenie

Wymiana O_2 , CO_2 , substancji odżywczych, produktów metabolizmu tkanek i płynu zachodzi przez ścianę naczyń włosowatych na drodze dyfuzji i filtracji. A: Filtracja płynu przez ścianę naczyń włosowatych odbywa się zgodnie z siłami Starlinga (I), ciśnieniem hydrostatycznym – P_i ciśnieniem onkotycznym generowanym przez białka – π_c . Ciśnienie hydrostatyczne jest wynikiem pompowania krwi przez serce, oraz efektem działania siły grawitacji na słup krwi w naczyniu. Ciśnienie onkotyczne jest osmotycznym ciśnieniem wywieranym przez białka. Dodatkowo, poza siłami Starlinga, objętość płynu przesączającego przez ścianę włośniczek zależy od współczynnika filtracji (włośniczkowej) (K_f), który odzwierciedla własną przepuszczalność ścian i wielkość powierzchni włośniczek. Białka osocza i płynu tkanecznego mogą wywierać ciśnienie osmotyczne z powodu małej przepuszczalności ścian włośniczek dla białek. Zdolność białek do przeni-

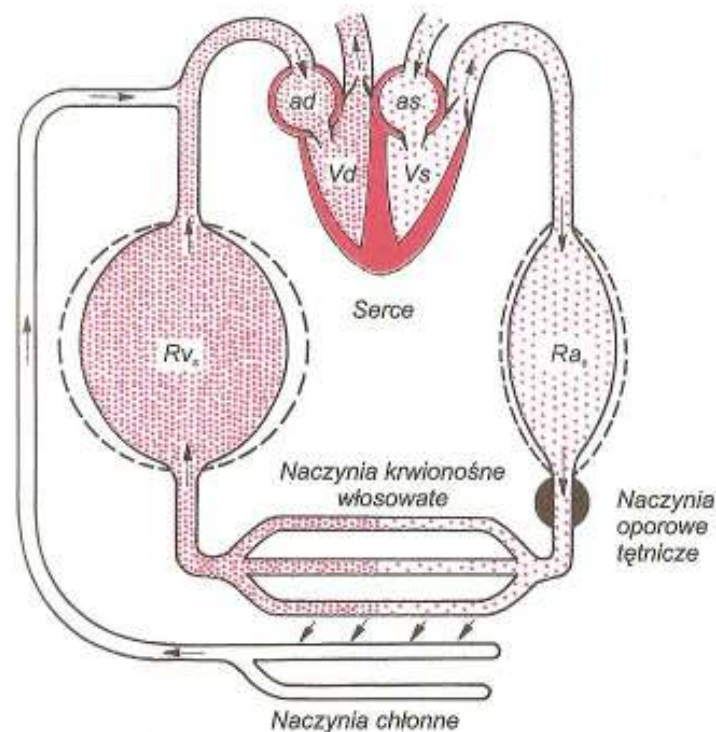
kania przez ścianę włośniczek jest wysoka przez współczynnik odbicia białkowego (σ). Białka nietłwo przechodzą przez ścianę włośniczek mięśni szkieletowych ($\sigma = 0,9$), wskutek czego odgrywają ważną rolę w przemieszczaniu się płynu przez ściany włośniczek. Natomiast włośniczki wątroby inazywane sinusoidami lub zatokami są wysoce przepuszczalne dla białek. W rezultacie $\sigma = 0$ i tym samym ciśnienie onkotyczne białka nie odgrywa roli w determinowaniu przenikania płynu przez ścianę zatok wątroby (tzn. przechodzenie płynu przez ścianę zatok zachodzi tylko w wyniku obecności różnic ciśnienia hydrostatycznych). B: W większościłośnyk włośniczkowych występuje przewaga filtracji płynu do przestrzeni międzykomórkowej nad reabsorpcją. Nadmiar płynu jest odprowadzany naczyniami limfatycznymi i powraca do układu krążenia krwi w obrębie węzłów chłonnych lub przez przewód pierśniowy i przewód chłonny prawy.

UKŁAD KRAŻENIA - FIZJOLOGIA

KRAŻENIE CHŁONKI –

Odpływa z tkanek dzięki – rytmiczny skurcz naczyń chłonnych, skurcze mięśni szkieletowych, ujemnemu ciśnieniu w klatce piersiowej, istnieniu zastawek w naczyniach chłonnych.

Odpływa z tkanek poprzez – przewód piersiowy i przewód chłonny prawy



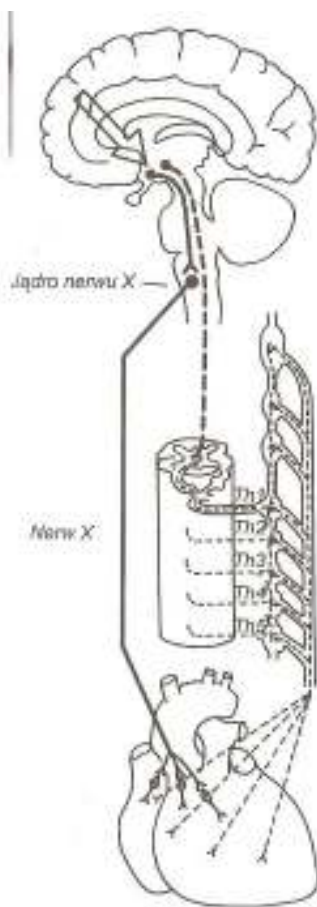
Ryc. 191. Filtracja wody i składników drobnocząsteczkowych w naczyniach włosowatych z krwi do płynu tkankowego, a następnie do naczyń chłonnych. Rv_s – zbiornik żylny duży, Ra_s – zbiornik tętniczy duży, ad – prawy przedsionek, as – lewy przedsionek, Vd – komora prawa, Vs – komora lewa.

UKŁAD KRAŻENIA - FIZJOLOGIA

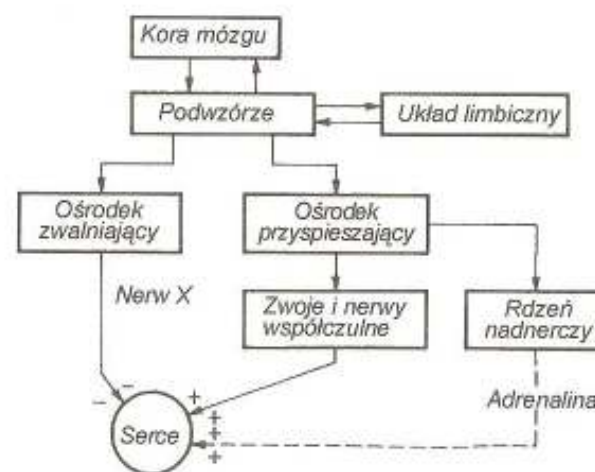
OŚRODKI KONTROLUJĄCE PRZEPŁYW KRWI

Kontrola przepływu krwi odbywa się za pośrednictwem – efektorów – mięśnia sercowego i mięśni gładkich i komórek mięśniowych gładkich w ścianach naczyń krwionośnych.

OŚRODEK SERCOWY



Ryc. 192. Ośrodek zwalniający pracę serca w jądrze grzbietowym nerwu błędnego i ośrodek przyspieszający pracę serca w rogach bocznych części piersiowej rdzenia kręgowego Th1–Th5 oraz włókna eferentne biegnące do serca.



Ryc. 193. Schemat ośrodkowej kontroli pracy serca.

UKŁAD KRAŻENIA - FIZJOLOGIA

OŚRODKI KONTROLUJĄCE PRZEPŁYW KRWI

Kontrola przepływu krwi odbywa się za pośrednictwem – efektorów - mięśnia sercowego i mięśni gładkich i komórek mięśniowych gładkich w ścianach naczyń krwionośnych.

OŚRODEK NACZYNIOWY – światło małych tętniczek jest kontrolowany ogólnie – na drodze nerwowej – ośrodek naczynioruchowy za pośrednictwem nerwów i humoralnej – ośrodki nerwowe kontrolujące wydzielanie hormonów – układ reninowo - angiotensynowy i kontrolowany miejscowo – wyzwalane miejscowo odruchy i odruchy aksonowe i działające miejscowo czynniki naczyniorozszerzające i naczyniowzężające.

Ośrodek naczynioruchowy znajduje się w rdzeniu przedłużonym w rdzeniu w tworze siatkowatym

Część presyjna ośrodka naczynioruchowego jest pobudzana przez:

- ośrodki z wyższych pięter mózgowia – z kory mózgu i układu limbicznego, za pośrednictwem podwzgórza i tworze siatkowatego śródmózgowia,
- ośrodek oddechowy w rdzeniu przedłużonym,
- aferentne impulsy: bólowe i z chemoreceptorów kłębków szyjnych i kłębków aortowych,
- zmniejszenie prężności tlenu (P_{O_2}) we krwi tętniczej,
- zwiększenie prężności dwutlenku węgla (P_{CO_2}) we krwi tętniczej.

UKŁAD KRAŻENIA - FIZJOLOGIA

OŚRODKI KONTROLUJĄCE

PRZEPŁYW KRWI

OŚRODEK NACZYNIOWY – światło

małych tętniczek jest kontrolowany

ogólnie – na drodze

nerwowej – ośrodek naczynioruchowy za

pośrednictwem nerwów i humoralnej –

ośrodki nerwowe kontrolujące

wydzielanie hormonów – układ reninowo -

angiotensynowy i

kontrolowany miejscowo – wyzwalane

miejscowo odruchy i odruchy aksonowe i

działające miejscowo czynniki

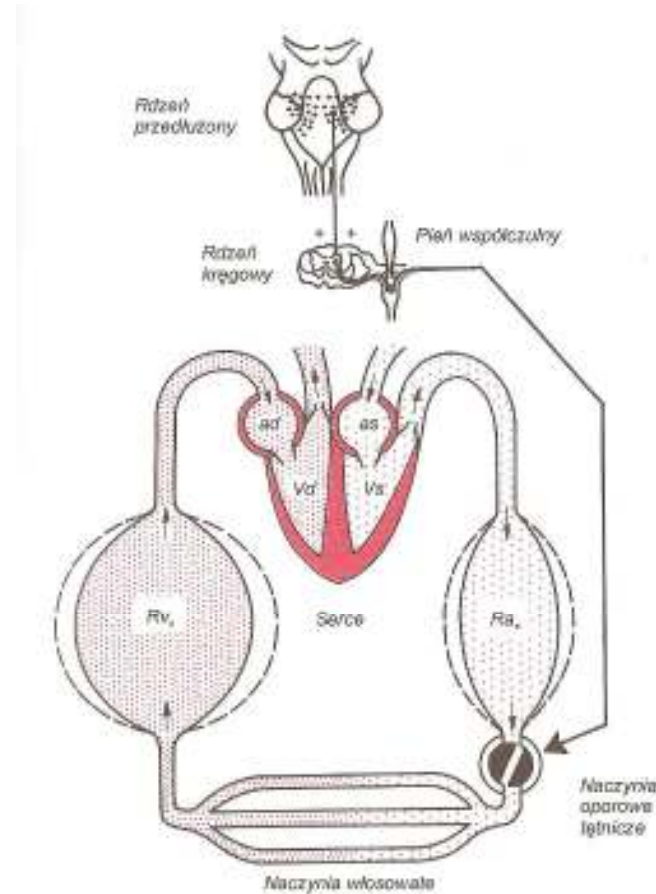
naczyniorozszerzające i

naczyniowzwężające.

Ośrodek naczynioruchowy znajduje się w

rdzeniu przedłużonym w rdzeniu w tworze

siatkowatym



Ryc. 194. Część presyjna ośrodka naczynioruchowego w rdzeniu przedłużonym, droga impulsacji wywołującej skurcz błony mięśniowej naczyń oporowych. Rv₁ – zbiornik żylny duży, Ra₁ – zbiornik tętniczy duży, ad – przedsionek prawy, as – przedsionek lewy, Vd – komora prawa, Vs – komora lewa.

UKŁAD KRAŻENIA - FIZJOLOGIA

OŚRODKI KONTROLUJĄCE PRZEPŁYW KRWI

Kontrola przepływu krwi odbywa się za pośrednictwem – efektorów - mięśnia sercowego i mięśni gładkich i komórek mięśniowych gładkich w ścianach naczyń krwionośnych.

OŚRODEK NACZYNIOWY – światło małych tętniczek jest kontrolowany ogólnie – na drodze nerwowej – ośrodek naczynioruchowy za pośrednictwem nerwów i humoralnej – ośrodki nerwowe kontrolujące wydzielanie hormonów – układ reninowo - angiotensynowy i kontrolowany miejscowo – wyzwalane miejscowo odruchy i odruchy aksonowe i działające miejscowo czynniki naczyniorozszerzające i naczyniowzwężające.

Ośrodek naczynioruchowy znajduje się w rdzeniu przedłużonym w rdzeniu w tworze siatkowatym

Część depresyjna ośrodka naczynioruchowego w rdzeniu przedłużonym jest aktywowana pod wpływem:

- impulsacji z baroreceptorów ze ścian łuku aorty i zatoki tętnicy szyjnej wewnętrznej,
- zmniejszonej prężności dwutlenku węgla (P_{CO_2}) we krwi tętniczej.

UKŁAD KRAŻENIA - FIZJOLOGIA

OŚRODKI KONTROLUJĄCE

PRZEPŁYW KRWI

OŚRODEK NACZYNIOWY – światło

małych tętniczek jest kontrolowany

ogólnie – na drodze

nerwowej – ośrodek naczynioruchowy za

pośrednictwem nerwów i humoralnej –

ośrodki nerwowe kontrolujące

wydzielanie hormonów – układ reninowo -

angiotensynowy i

kontrolowany miejscowo – wyzwalane

miejscowo odruchy i odruchy aksonowe i

działające miejscowo czynniki

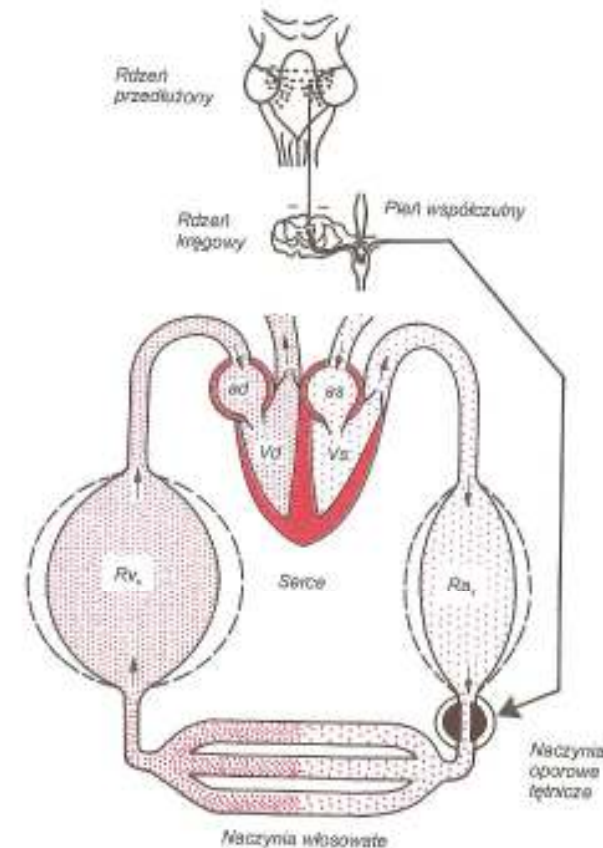
naczyniorozszerzające i

naczyniowzwężające.

Ośrodek naczynioruchowy znajduje się w

rdzeniu przedłużonym w rdzeniu w tworze

siatkowatym



Ryc. 195. Część depresyjna ośrodka naczynioruchowego w rdzeniu przedłużonym hamująca aktywność neuronów unerwiających błonę mięśniową naczyń oporowych. Rv₁ – zbiornik żylny duży, Ra₁ – zbiornik tętniczy duży, ad – przedsionek prawy, as – przedsionek lewy, Vd – komora prawa, Vs – komora lewa.



Przedmiot:

Politechnika Gdańska, *Inżynieria Biomedyczna*

UKŁAD KRAŻENIA - FIZJOLOGIA

OŚRODKI KONTROLUJĄCE PRZEPŁYW KRWI

Kontrola przepływu krwi odbywa się za pośrednictwem – efektorów - mięśnia sercowego i mięśni gładkich i komórek mięśniowych gładkich w ścianach naczyń krwionośnych.

REGULACJA CIŚNIENIA TĘTNICZEGO KRWI – wypadkowa dopływu do zbiornika krwi tłoczonej przez serce i odpływu krwi – zależy od stanu błony mięśniowej małych tętniczek

ODRUCH I OŚRODKI – sercowy i naczynioruchowy – są pod wpływem aferentnej impulsacji z baroreceptorów łuk aorty i zatoki tętnic szyjnych wewnętrznych – nasilenie impulsacji - pobudza ośrodek zwalniający pracę serca i część depresyjną ośrodka naczynioruchowego, a równocześnie hamuje ośrodek zwalniający pracę serca i część presyjną ośrodka naczynioruchowego, a równocześnie

ODRUCHY NEUROHORMONALNE – adrenalina i noradrenalina z rdzenia nadnerczy, wazopresyna z podwzgórza

UKŁAD RENINOWO - ANGIOTENSYNOWY

UKŁAD KRAŻENIA - FIZJOLOGIA

OŚRODKI KONTROLUJĄCE

PRZEPŁYW KRWI

REGULACJA CIŚNIENIA TĘTNICZEGO

KRWI – wypadkowa dopływu do zbiornika krwi tłoczonej przez serce i odpływu krwi – zależy od stanu błony mięśniowej małych tętniczek

ODRUCH I OŚRODKI – sercowy i naczynioruchowy – są pod wpływem aferentnej impulsacji z baroreceptorów łuk aorty i zatoki tętnic szyjnych wewnętrznych – nasilenie impulsacji - pobudza ośrodek zwalniający pracę serca i część depresyjną ośrodka

naczynioruchowego, a równocześnie hamuje ośrodek zwalniający pracę serca i część presyjną ośrodka

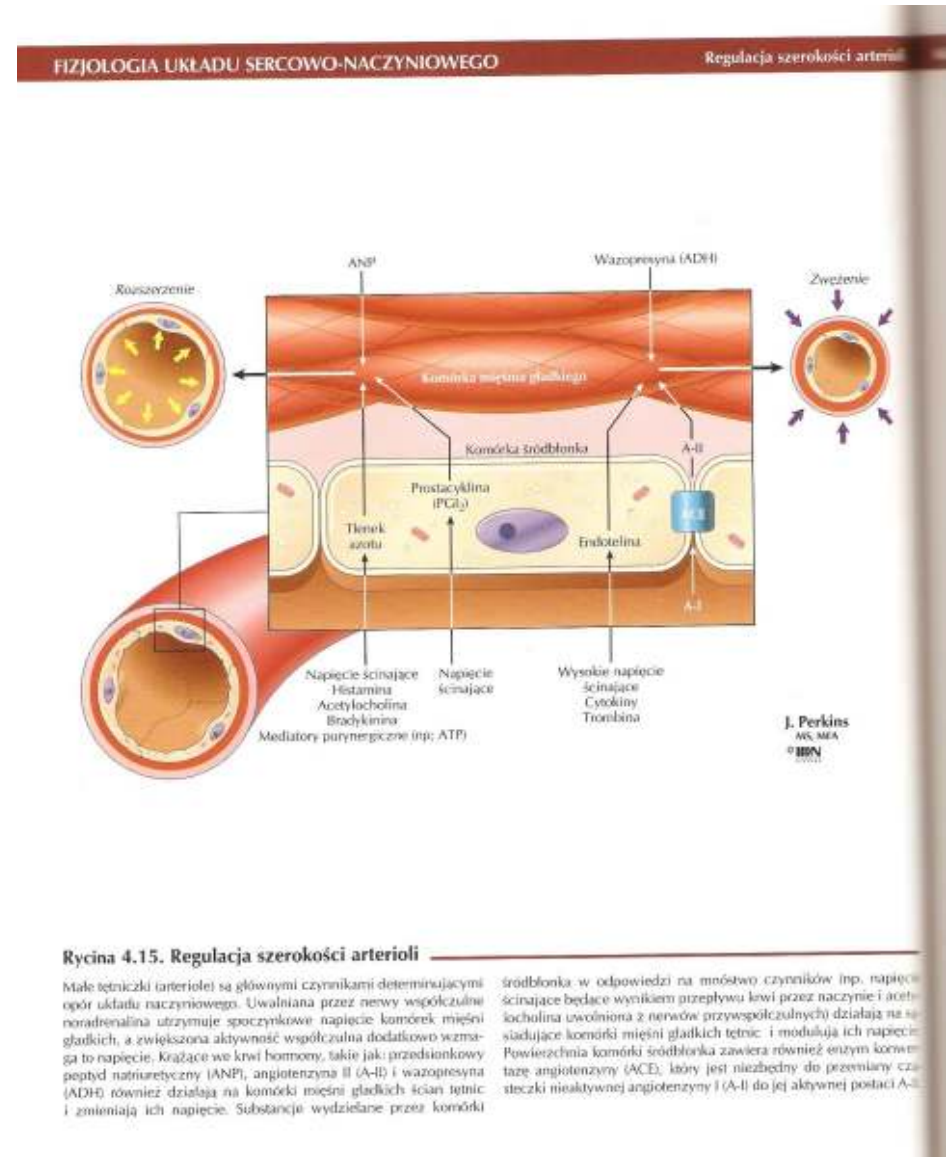
naczynioruchowego, a równocześnie

ODRUCHY NEUROHORMONALNE –

adrenalina i noradrenalina z rdzenia

nadnerczy, wazopresyna z podwzgórza

UKŁAD RENINOWO - ANGIOTENSYNOWY



UKŁAD KRAŻENIA - FIZJOLOGIA

OŚRODKI KONTROLUJĄCE PRZEPŁYW KRWI

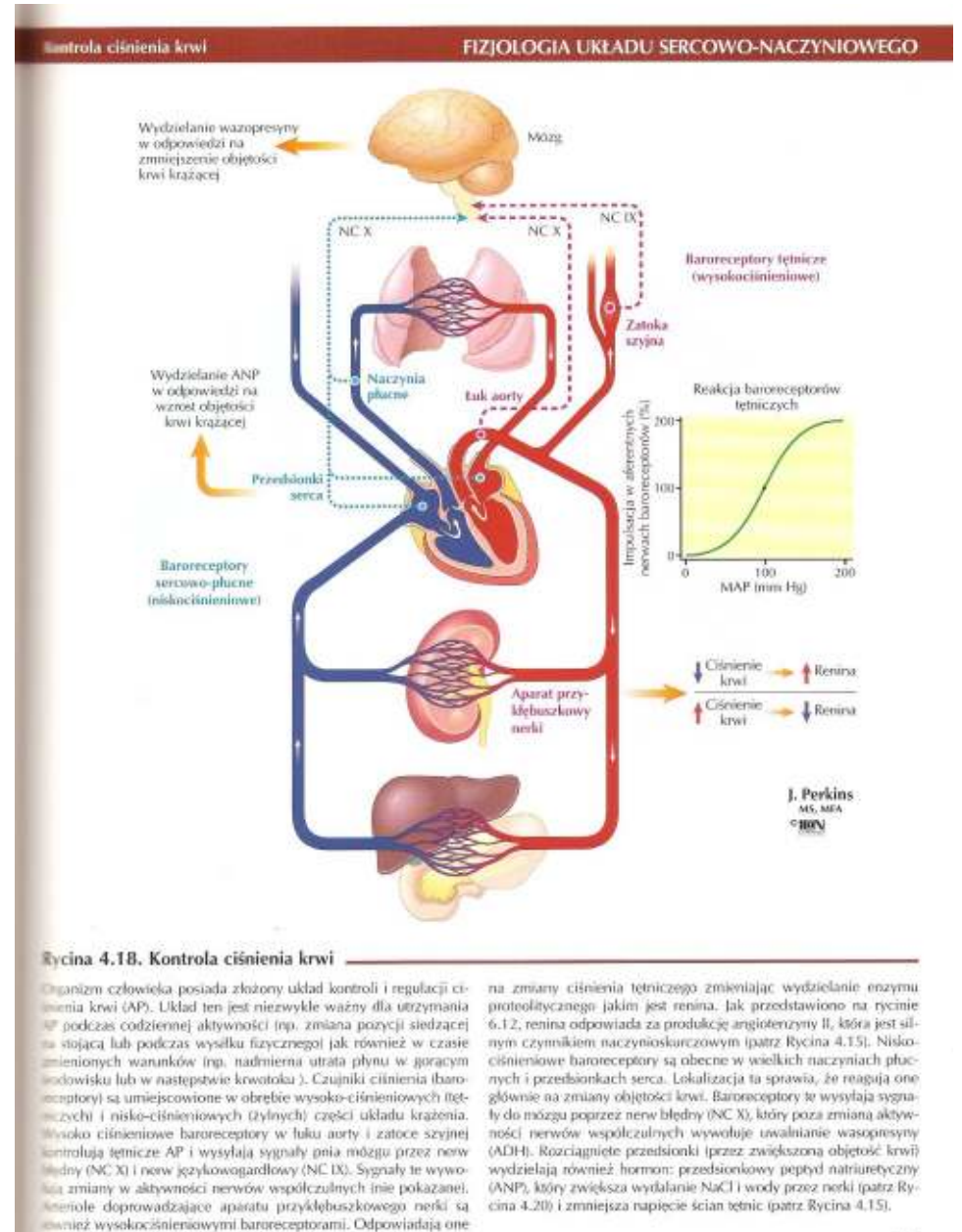
UKŁAD RENINOWO - ANGIOTENSYNOWY

jest spadek ciśnienia tętniczego krwi w tętniczkach nerkowych. Istnieją liczne czynniki pośrednie, które obniżają ciśnienie tętnicze w tętniczkach nerkowych. Są to:

- zmniejszenie objętości płynu zewnątrzkomórkowego (ECF),
- zmniejszenie całkowitej objętości krwi krążącej (TBV),
- zmniejszenie stężenia jonów Na^+ w płynach ustrojowych,
- obniżenie ciśnienia tętniczego krwi w zbiorniku tętniczym dużym, występujące nawet przy zmianie pozycji ciała z leżącej na stojącą,
- zmniejszenie przepływu krwi tętniczej przez nerki na skutek skurczu błony mięśniowej tętnic nerkowych pod wpływem impulsacji współczulnej lub krążącej we krwi adrenaliny i noradrenaliny.

Do czynników **rozkurczających** (vasodilators) działających miejscowo bezpośrednio na komórki mięśniowe gładkie należą:

- wzrost temperatury,
- zwiększenie prężności dwutlenku węgla (P_{CO_2}),
- zwiększenie wartości pH,
- wzrost ciśnienia osmotycznego,
- miejscowe zwiększenie stężenia mleczanów, histaminy, adenozy, jonów K^+ , prostaglandyn (PGE_2), prostacykliny (PGI_2) i przedsionkowego peptydu natriuretycznego (ANP).



Rycina 4.18. Kontrola ciśnienia krwi

Organizm człowieka posiada złożony układ kontroli i regulacji ciśnienia krwi (AP). Układ ten jest niezwykle ważny dla utrzymania AP podczas codziennej aktywności (np. zmiana pozycji siedzącej na stojącą lub podczas wysiłku fizycznego) jak również w czasie zmienionych warunków (np. nadmiernej utrata płynu w gorącym środowisku lub w następstwie krwotoku). Czynniki ciśnienia (baroreceptory) są umiejscowione w obszarze wysoko-ciśnieniowych (tętniczych) i nisko-ciśnieniowych (żylnych) części układu krążenia. Wysoko-ciśnieniowe baroreceptory w łuku aorty i zatocy szyjnej kontrolują tętnicze AP i wysyłają sygnały do mózgu przez nerw błędny (NC X) i nerw językogatardłowy (NC IX). Sygnały te wywołują zmiany w aktywności nerwów współczulnych (nie pokazane). Arteriole doprowadzające aparatu przykłębuszkowego nerki są również wysokociśnieniowymi baroreceptorami. Odpowiadają one

na zmiany ciśnienia tętniczego zmieniając wydzielanie enzymu proteolitycznego jakim jest renina. Jak przedstawiono na rysunku 6.12, renina odpowiada za produkcję angiotensyny II, która jest silnym czynnikiem naczynioskurczowym (patrz Rycina 4.15). Nisko-ciśnieniowe baroreceptory są obecne w wielkich naczyniach płucnych i przedsionkach serca. Lokalizacja ta sprawia, że reagują one głównie na zmiany objętości krwi. Baroreceptory te wysyłają sygnały do mózgu poprzez nerw błędny (NC X), który poza zmianą aktywności nerwów współczulnych wywołuje uwolnienie wazopresyny (ADH). Rozciągnięte przedsionki (przez zwiększoną objętość krwi) wydzielają również hormon: przedsionkowy peptyd natriuretyczny (ANP), który zwiększa wydalanie NaCl i wody przez nerki (patrz Rycina 4.20) i zmniejsza napięcie ścian tętnic (patrz Rycina 4.15).

UKŁAD KRAŻENIA - FIZJOLOGIA

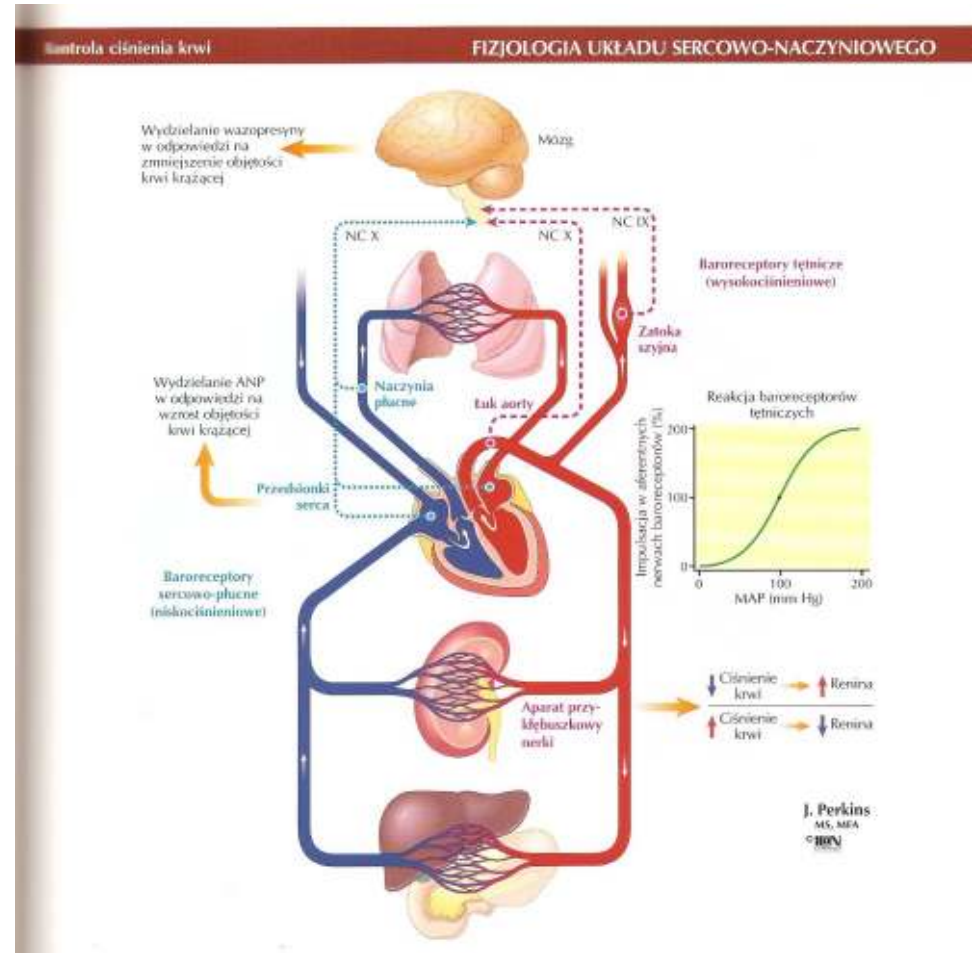
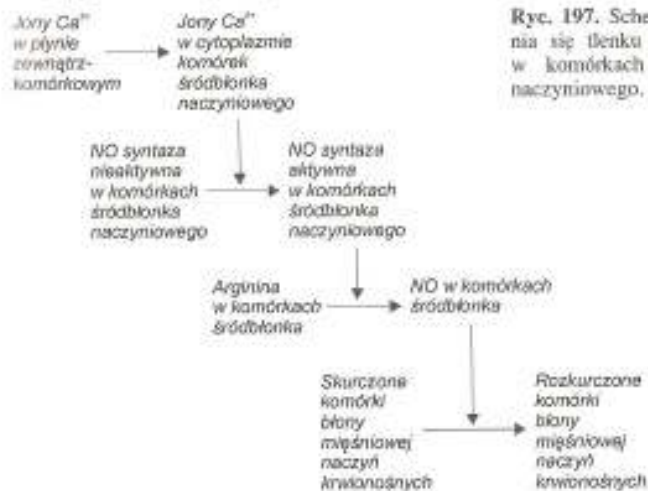
OŚRODKI KONTROLUJĄCE PRZEPŁYW KRWI

Zmniejszenie prężności tlenu (P_{O_2}) w tkance działa również rozkurczająco na błonę mięśniową małych tętniczek.

Działanie przeciwne, to jest bezpośrednio kurczące błonę mięśniową małych tętniczek (vasoconstrictors), mają:

- miejscowe obniżenie temperatury,
- zmniejszenie prężności dwutlenku węgla (P_{CO_2}),
- zmniejszenie wartości pH,
- zmniejszenie stężenia mleczanów, histaminy, adenozyliny, jonów K^+ , prostaglandyny, prostacykliny i przedsionkowego peptydu natriuretycznego.

Zwiększenie prężności tlenu i stężenia serotoniny ma działanie kurczące.



Rycina 4.18. Kontrola ciśnienia krwi

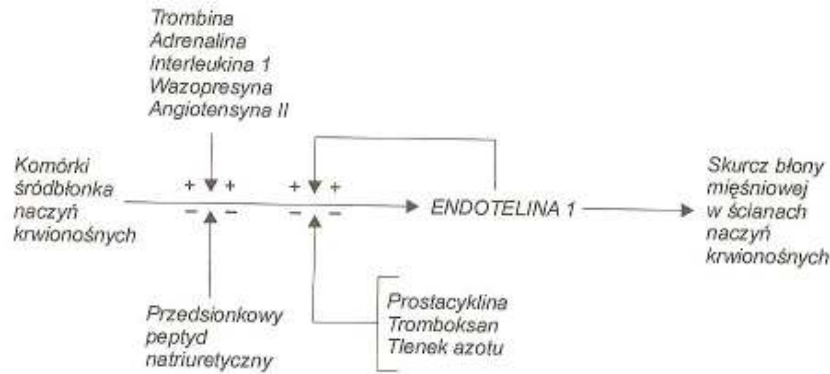
Organizm człowieka posiada złożony układ kontroli i regulacji ciśnienia krwi (AP). Układ ten jest niezwykle ważny dla utrzymania AP podczas codziennej aktywności (np. zmiana pozycji siedzącej na stojącą lub podczas wysiłku fizycznego) jak również w czasie zmienionych warunków (np. nadmierna utrata płynu w gorącym środowisku lub w następstwie krwotoku). Czujniki ciśnienia (baroreceptory) są umiejscowione w obrębie wysoko-ciśnieniowych (tętniczych) i nisko-ciśnieniowych (żylnych) części układu krążenia. Wysoko ciśnieniowe baroreceptory w łuku aorty i zatocy szyjnej kontrolują tętnicze AP i wysyłają sygnały pnia mózgu przez nerw błędny (NC X) i nerw językogatardłowy (NC IX). Sygnały te wywołują zmiany w aktywności nerwów współczulnych (nie pokazane). Seniole doprowadzające aparatu przykłębuszkowego nerki są również wysokociśnieniowymi baroreceptorami. Odpowiadają one

na zmiany ciśnienia tętniczego zmieniając wydzielanie enzymu proteolitycznego jakim jest renina. Jak przedstawiono na rycinie 6.12, renina odpowiada za produkcję angiotenzyny II, która jest silnym czynnikiem naczynioskurczącym (patrz Rycina 4.15). Niskociśnieniowe baroreceptory są obecne w wielkich naczyniach płucnych i przedsionkach serca. Lokalizacja ta sprawia, że reagują one głównie na zmiany objętości krwi. Baroreceptory te wysyłają sygnały do mózgu poprzez nerw błędny (NC X), który poza zmianą aktywności nerwów współczulnych wywołuje uwolnienie wasopresyny (ADH). Rozciągnięte przedsionki (przez zwiększoną objętość krwi) wydzielają również hormon: przedsionkowy peptyd natriuretyczny (ANP), który zwiększa wydalanie $NaCl$ i wody przez nerki (patrz Rycina 4.20) i zmniejsza napięcie ścian tętnic (patrz Rycina 4.15).

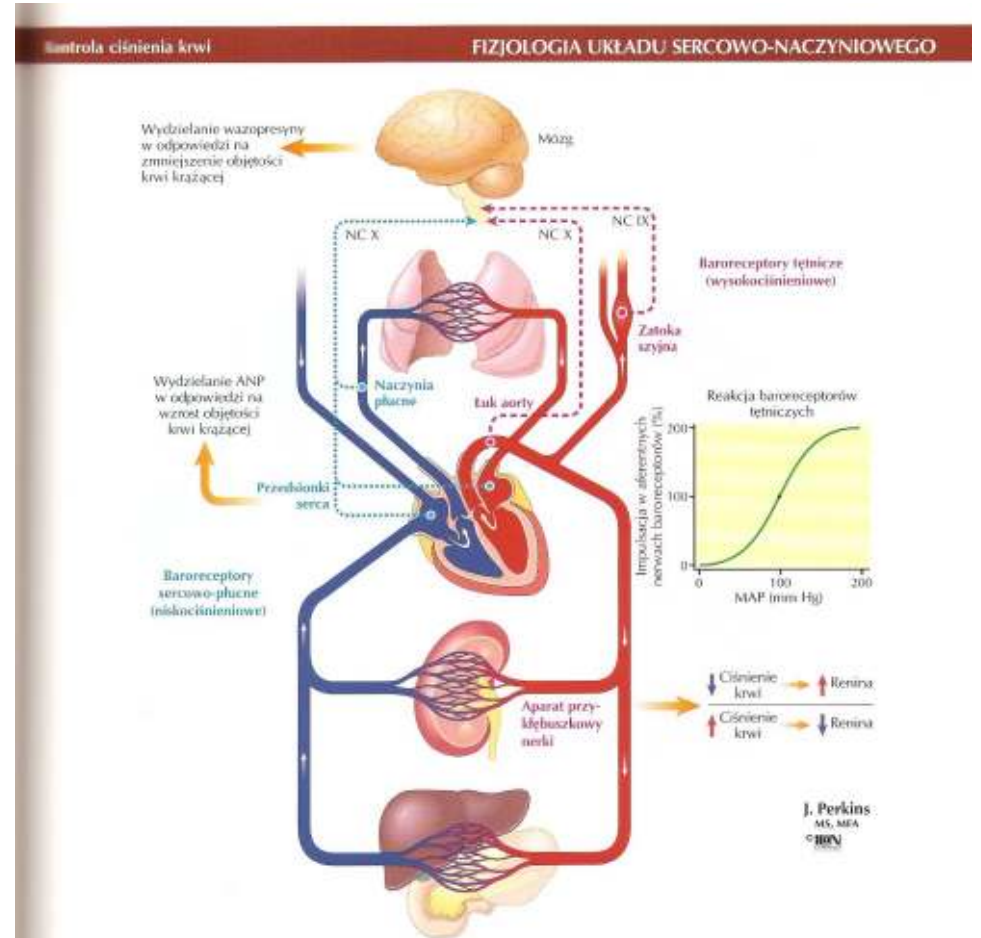
J. Perkins
MS, MEd
© 2007

UKŁAD KRAŻENIA - FIZJOLOGIA

OŚRODKI KONTROLUJĄCE PRZEPŁYW KRWI



Ryc. 198. Schemat działania czynników pobudzających i hamujących wytwarzanie endoteliny przez komórki śródbłonka naczyniowego.



Rycina 4.18. Kontrola ciśnienia krwi

Organizm człowieka posiada złożony układ kontroli i regulacji ciśnienia krwi (AP). Układ ten jest niezwykle ważny dla utrzymania AP podczas codziennej aktywności (np. zmiana pozycji siedzącej na stojącą lub podczas wysiłku fizycznego) jak również w czasie zmienionych warunków (np. nadmierna utrata płynu w gorącym środowisku lub w następstwie krwotoku). Czujniki ciśnienia (baroreceptory) są umiejscowione w obrębie wysoko-ciśnieniowych (tętniczych) i nisko-ciśnieniowych (żylnych) części układu krążenia. Wysoko-ciśnieniowe baroreceptory w łuku aorty i zatoce szyjnej kontrolują tętnicze AP i wysyłają sygnały pnia mózgu przez nerw błędny (NC X) i nerw językogatardłowy (NC IX). Sygnały te wywołują zmiany w aktywności nerwów współczulnych (nie pokazane), a teniole doprowadzające aparatu przykłębuszkowego nerki są również wysokociśnieniowymi baroreceptorami. Odpowiadają one

na zmiany ciśnienia tętniczego zmieniając wydzielanie enzymu proteolitycznego jakim jest renina. Jak przedstawiono na rycinie 6.12, renina odpowiada za produkcję angiotenzyny II, która jest silnym czynnikiem naczynioskurczowym (patrz Rycina 4.15). Nisko-ciśnieniowe baroreceptory są obecne w wielkich naczyniach płucnych i przedsiódkach serca. Lokalizacja ta sprawia, że reagują one głównie na zmiany objętości krwi. Baroreceptory te wysyłają sygnały do mózgu poprzez nerw błędny (NC X), który poza zmianą aktywności nerwów współczulnych wywołuje uwolnienie wazopresyny (ADH). Rozciągnięte przedsionki (przez zwiększoną objętość krwi) wydzielają również hormon: przedślonkowy peptyd natriuretyczny (ANP), który zwiększa wydalanie NaCl i wody przez nerki (patrz Rycina 4.20) i zmniejsza napięcie ścian tętnic (patrz Rycina 4.15).

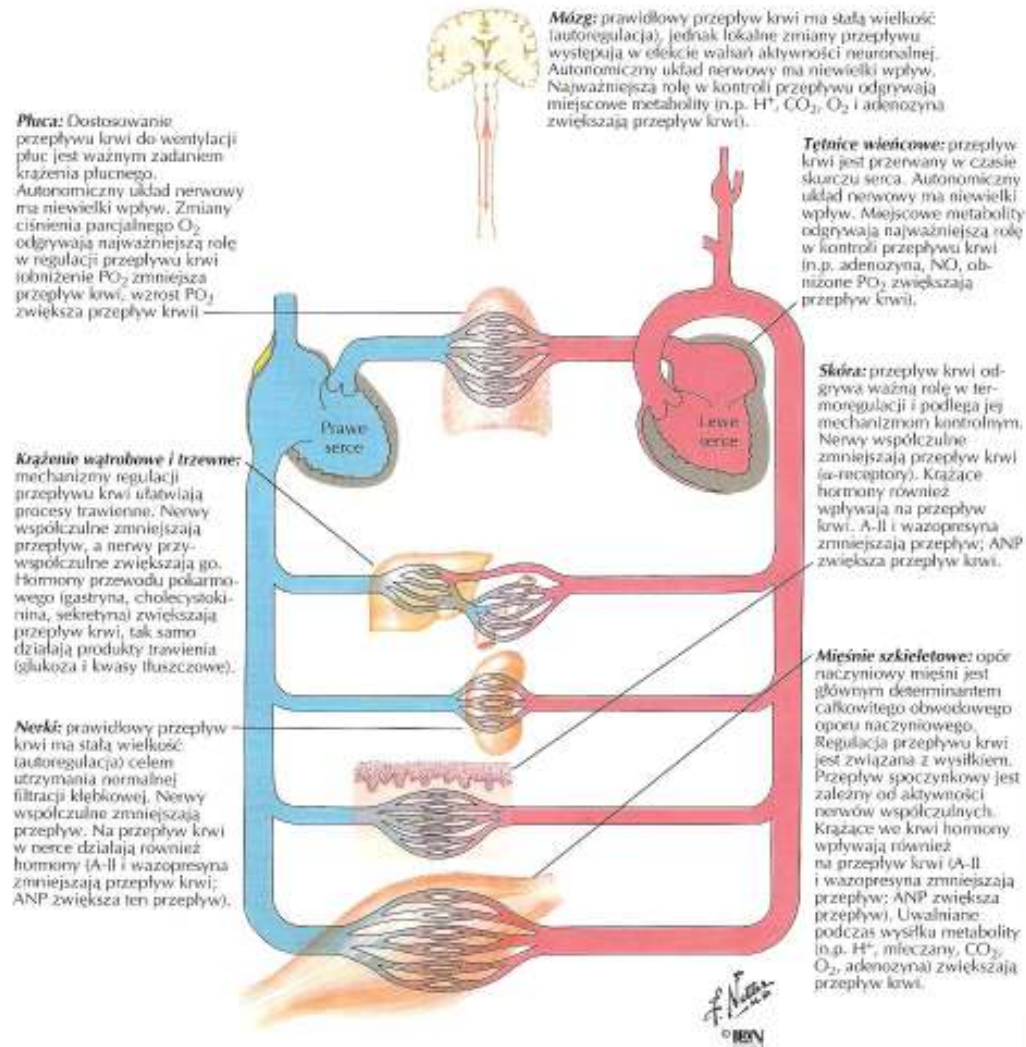
J. Perkins
MS, MEA
© 2009

UKŁAD KRAŻENIA - FIZJOLOGIA

PRZEPŁYW KRWI W WYBRANYCH NARZĄDACH

FIZJOLOGIA UKŁADU SERCOWO-NACZYNIOWEGO

Krażenie w wybranych obszarach naczyniowy



Rycina 4.17. Krażenie w wybranych obszarach naczyniowych

Przepływ krwi przez różne łożyska naczyniowe jest regulowany wieloma czynnikami oraz jest zależny od fizjologicznych potrzeb tkanek.

UKŁAD KRAŻENIA - FIZJOLOGIA

PRZEPŁYW KRWI REAKCJA NA ZMIANY OBJĘTOŚCI

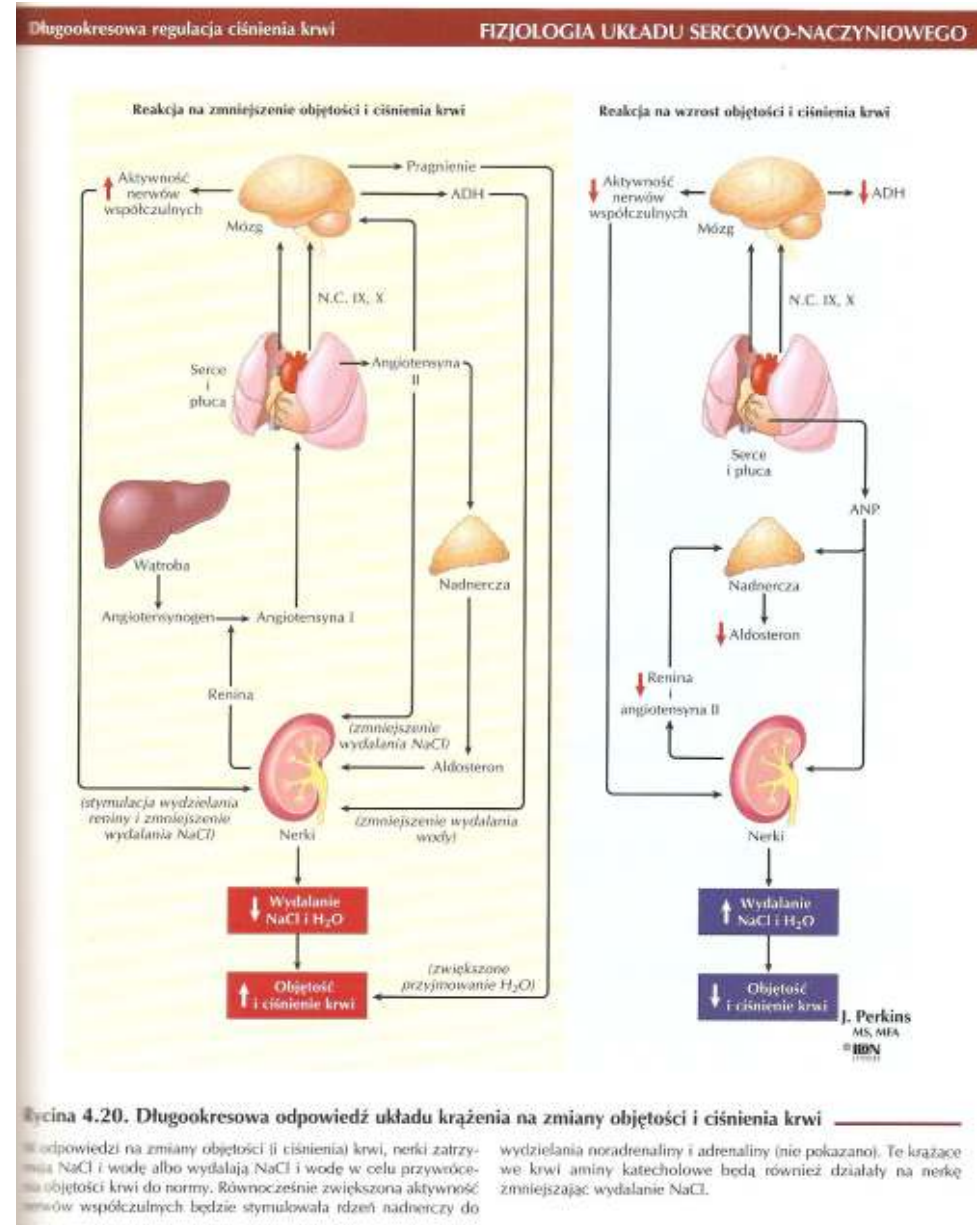


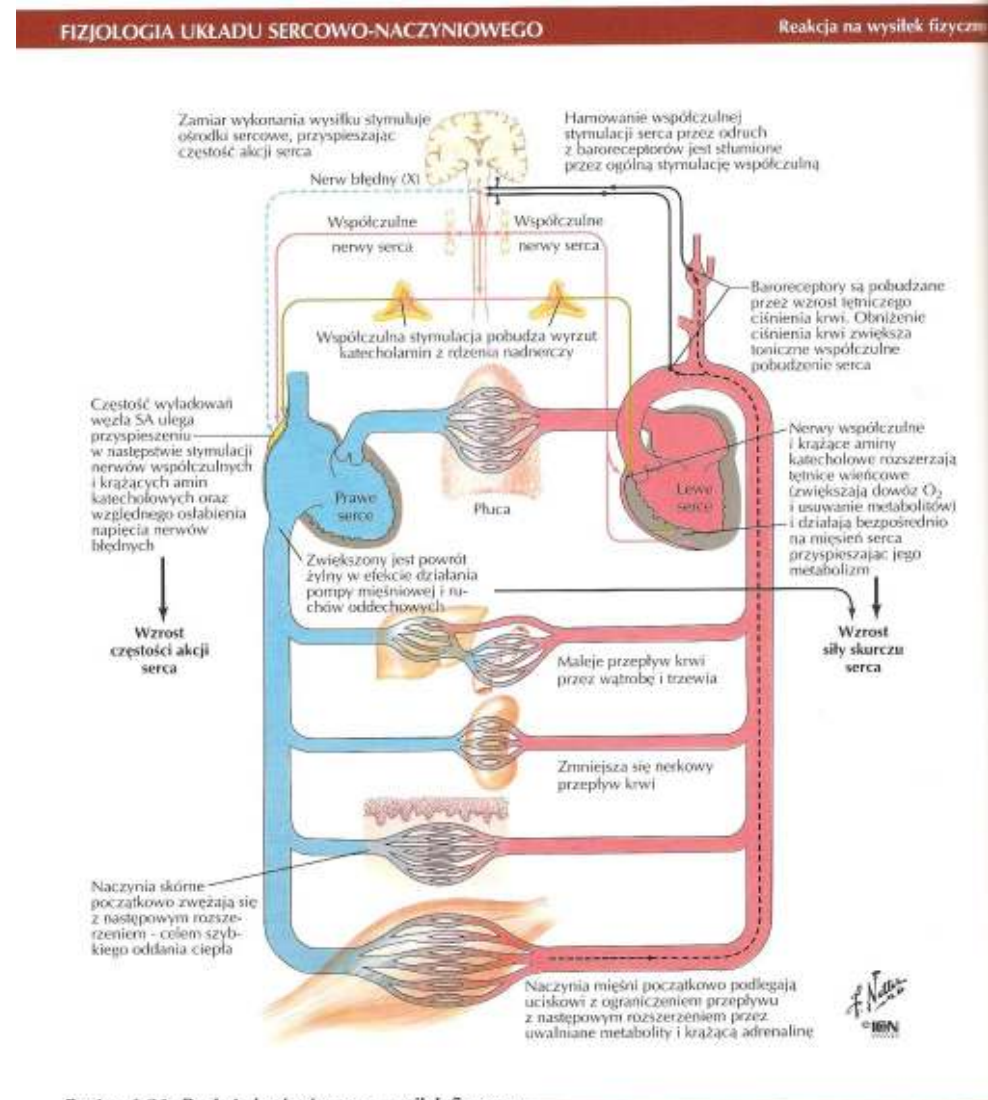
Figura 4.20. Długookresowa odpowiedź układu krążenia na zmiany objętości i ciśnienia krwi

W odpowiedzi na zmiany objętości i ciśnienia krwi, nerki zatrzymują NaCl i wodę albo wydają ją, w celu przywrócenia objętości krwi do normy. Równocześnie zwiększona aktywność nerwów współczulnych będzie stymulowała rdzeń nadnerczy do

wydzielania noradrenaliny i adrenaliny (nie pokazano). Te krążące we krwi aminy katecholowe będą również działały na nerki, zmniejszając wydalanie NaCl.

UKŁAD KRAŻENIA - FIZJOLOGIA

PRZEPŁYW KRWI REAKCJA NA WYSIŁEK FIZYCZNY



Rycina 4.21. Reakcja krążeniowa na wysiłek fizyczny

Rycina podsumowuje zintegrowane nerwowe i chemiczne efekty wysiłku fizycznego w układzie sercowo-naczyniowym. Elektryczne sygnały są centralnego pochodzenia (autonomiczny układ nerwowy), podczas gdy w efektach chemicznych pośredniczą miejscowe

uwalnianie naczynioaktywnych metabolitów i krążących amin katecholowych (np. adrenaliny).