

KREV

Funkce krve:

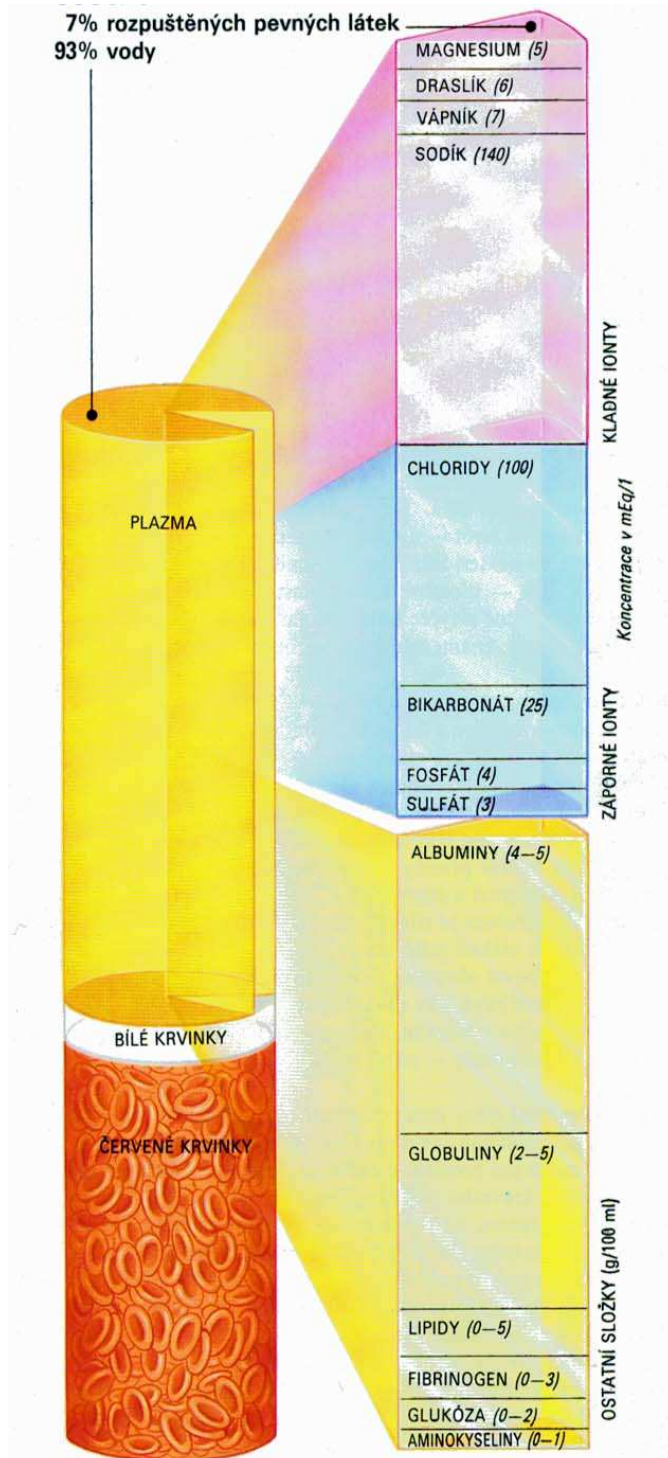
- ✓ **transportní** - *přenos dýchacích plynů, živin odpadových látek*
- ✓ **homeostatická** - *udržení stálosti vnitřního prostředí (teploty, pH, koncentrace iontů, objemu; hemostáza)*
- ✓ **obranná** - *obrana proti infekci, odstranění vlastních nefunkčních buněk, nebo nádorových buněk*
- ✓ **přenos informací** - *transport hormonů od endokrinních k cílovým buňkám*

KREV

krevní plazma

- Anorganické látky
- Organické látky

formované krevní elementy



KREVNÍ PLAZMA

Anorganické látky

- Na⁺** (137-147 mmol/l) - udržení osmotického tlaku, objemu, pH
- Cl⁻** (98-106 mmol/l) - udržení osmotického tlaku, objemu, pH
- K⁺** (3,8-5,1 mmol/l) - činnost svalů (hl. myokardu)
- Ca²⁺** (0,75-1,25 mmol/l) - nervová dráždivost, stažlivost svalu, srážení krve, propustnost membrán, mineralizace kostí
- P** (0,65-1,62 mmol/l) - regulace pH, mineralizace kostí
- Mg²⁺** (0,75-1,25 mmol/l) - aktivita enzymů, nervová dráždivost
- HCO₃⁻** (25-34 mmol/l) - transport CO₂, součást nárazníkové soustavy pro udržení pH
- Fe** (16-25 μmol/l) - součást hemoglobinu - transport plynů
- I** (275-630 nmol/l) - tvorba hormonů štítné žlázy

KREVNÍ PLAZMA

Organické látky

Plazmatické proteiny 60-80 g/l

• **Albuminy** 40-48 g/l - onkotický tlak, transport iontů, mastných kyselin, pigmentů, látek tělu cizích, hormonů

• **Globuliny** 18-30 g/l

• α -globuliny - transport hormonů, kovů, vitamínů

• β -globuliny - vazba hemu, vit. B12, železa, transport cholesterolu

• γ -globuliny - protilátky, specifická imunita

• **Fibrinogen** 3 g/l - srážení krve

Tuky 4-10 g/l

Glukosa 4-5,5 mmol/l

Dusíkaté látky (mimo bílkoviny) 0,2-0,4 g/l - močovina, bilirubin, aminokyseliny

Hormony, vitamíny, enzymy, léky

FORMOVANÉ KREVŇÍ ELEMENTY

Červené krvinky

erythrocyty

$5 \cdot 10^{12}/l$



Bílé krvinky

leukocyty

$4-10 \cdot 10^9/l$

Destičky

trombocyty

$150-400 \cdot 10^9/l$



granulocyty

agranulocyty

neutrofil

bazofil

eozinofil

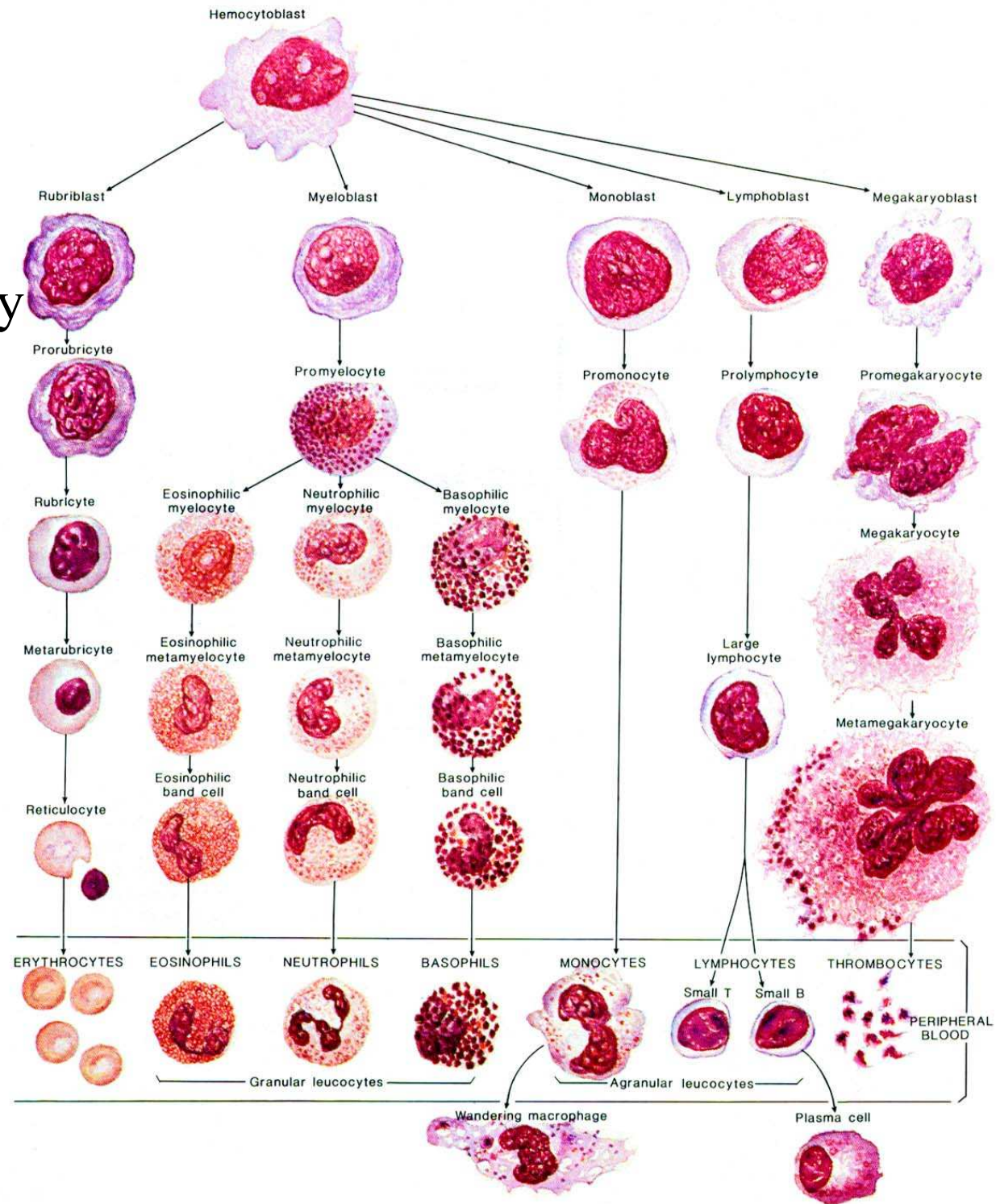
monocyt

lymfocyt



pluripotentní
kmenová buňka

unipotentní
determinované buňky

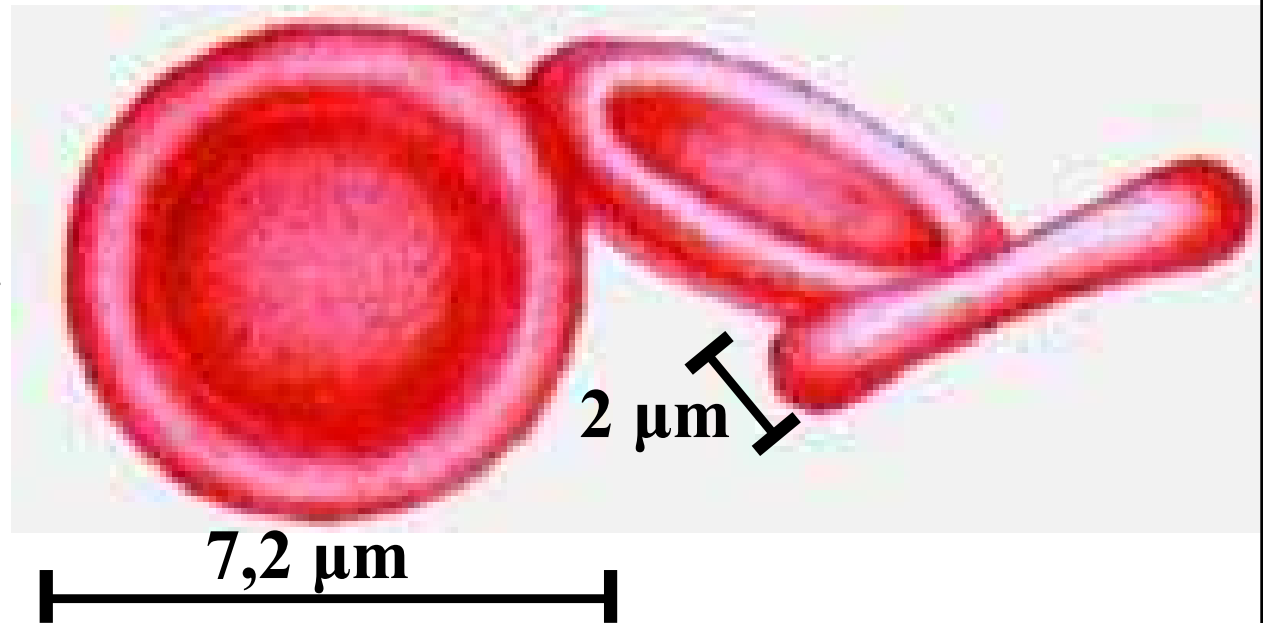


ČERVENÉ KRVINKY

erythrocyty

Jediná bezjaderná buňka

Bikonkávní tvar



Funkce:

- Přenos O_2 a CO_2 mezi plícemi a tkáněmi
- Spolupodílejí se na udržení stálého pH krve

Vznik: krvetvorné tkáně - dřeň velkých kostí
(*erythropoetin; vitamín B_{12} , kyselina listová, Fe^{2+}*)

Zánik: slezina

HEMOGLOBIN

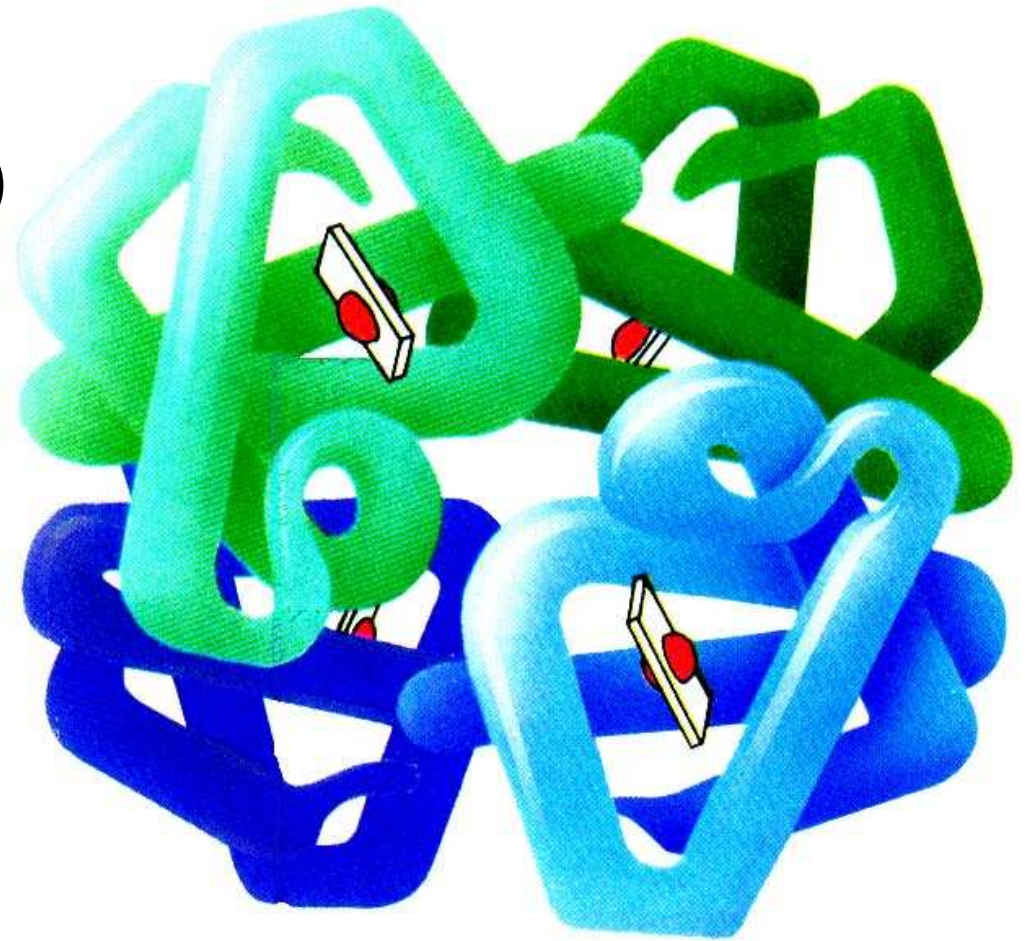
= 4 × (hem + bílkovina)

α β γ δ ϵ

Embryo: $\epsilon 4$ nebo $\alpha 2 \epsilon 2$

Plod: HbF $\alpha 2 \gamma 2$

Dospělý: HbA $\alpha 2 \beta 2$
HbA2 $\alpha 2 \delta 2$



Oxyhemoglobin:

vazba O_2 na Fe^{2+} v hemu

Karbaminohemoglobin:

vazba CO_2 na NH_2 konce bílkoviny

Karboxyhemoglobin:

vazba CO na Fe^{2+} v hemu

Methemoglobin:

hem s Fe^{3+} - nemůže vázat O_2

RBC (ERY)

počet červených krvinek

4,5-6,3.10¹²/l

↑ POLYCYTEMIE
↓ OLIGOCYTEMIE

HCT

hematokrit

0,38-0,49 l/l

HGB

koncentrace hemoglobinu

140-180 g/l

↑ POLYGLOBULIE
↓ ANÉMIE

MCV

střední objem Ery

82-97 fl

↑ MAKROCYT
↓ MIKROCYT

MCH

*průměrný obsah
hemoglobinu v Ery*

27-33 pg

- NORMOCHROMNÍ
↓ HYPOCHROMNÍ

MCHC

*průměrná koncentrace
hemoglobinu v Ery*

320-360 g/l

- NORMOCHROMNÍ
↓ HYPOCHROMNÍ

SEDIMENTACE

- rychlost sedání krvinek v nesrážlivé krvi

↑ SEDIMENTACE

velké erytrocyty, malé množství

↑ pH

↑ tuky, cholesterol

↑ bílkoviny (fibrinogen, globuliny)

Muži 2-8 mm/hod

Ženy 7-12 mm/hod

ERYTROPOEZA

- tvorba červených krvinek

Ontogeneze

3. týden - žloutkový vak

6. týden - játra (tvorba v žloutkovém vaku zaniká)

12. týden - slezina

20. týden - kostní dřeň

32. týden - přesmyk z embryonálního hemoglobinu na HbF

novorozenec - krvetvorba pouze v kostech přesmyk HbF na dospělý hemoglobin HbA

dospělý člověk - krvetvorba v hrudní kosti, obratlech, žebrech, v klíční kosti, v pánevních kostech, v plochých lebečních kostech, v proximálních epifýzách některých dlouhých kostí

ERYTROPOEZA

- látky potřebné pro tvorbu

aminokyseliny - bílkovinná část hemoglobinu

železo - vazba kyslíku na hemoglobin a myoglobin

vitamín B₁₂ - důležitý pro syntézu DNA

kyselina listová - důležitý pro syntézu DNA

ERYTROPOEZA

- regulace

Erythropoetin - *tvorba v ledvinách*

- působí na erythropoetin-citlivé determinované progenitorové buňky v kostní dřeni
- stimuluje syntézu nukleových kyselin
- aktivuje geny potřebné k syntéze hemoglobinu
- zvyšuje příjem Fe

↓ pO₂ ve tkáních

výšková hypoxie

ztráta krve

otrava CO

stagnační hypoxie

ERYTROPOEZA

- regulace

androgeny - ↑ erytropoezu stimulací tvorby erythropoetinu

estrogeny - ↓erytropoezu utlumením tvorby erythropoetinu

hormony štítné žlázy - ↑ erytropoezu

růstový hormon - ↑ erytropoezu

hormony kůry nadledvin - ↑ erytropoezu

prostaglandin E - ↑ produkci eryttropoetinu v ledvinách

stimulace hypotalamu

Zánik červených krvinek

Slezina - fagocytóza starých a poškozených erytrocytů

Hemoglobin → **globin** + **hem**

Globin → **aminokyseliny**

Hem → **CO₂** + **Fe** + **biliverdin**

Biliverdin → **bilirubin** (žlučové barvivo) →
→ **konjugovaný bilirubin** (v játrech) →
→ **urobiliny a sterkobiliny** (ve stolici)

Fe - syntéza dalšího hemoglobinu

HEMOLÝZA

- rozpad červených krvinek

Osmotická hemolýza

hypotonické prostředí - krvinka přijímá vodu až dojde k poškození membrány, kudy uniká hemoglobin

hypertonické prostředí - voda opouští krvinky, může rovněž dojít k poškození membrány a úniku hemoglobinu

Fyzikální hemolýza - poškození při třepání šlehání, působení ultrazvuku, nízké či vysoké teploty, záření

Chemická hemolýza - látky rozpouštějící nebo reagující s lipidy v membráně krvinek (např. saponáty)

Toxická hemolýza - bakteriální, hadí nebo rostlinné jedy

Imunologická hemolýza - působení protilátek s komplementem

KREVNÍ SKUPINY

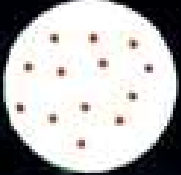
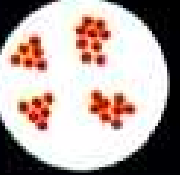
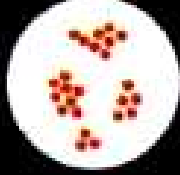
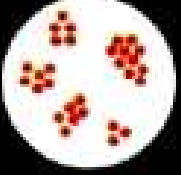
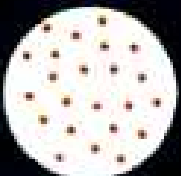
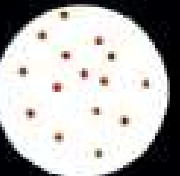
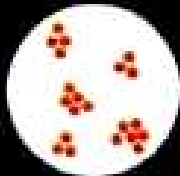
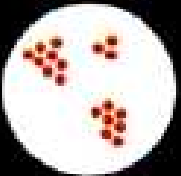
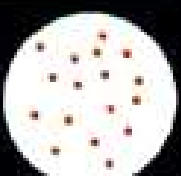
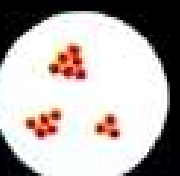
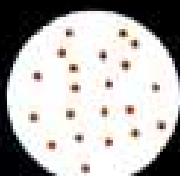
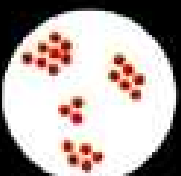
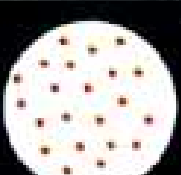
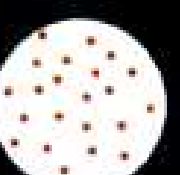
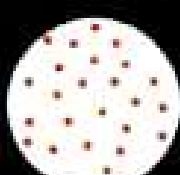
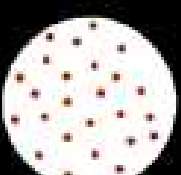
- Aglutinogen*** - glykoprotein v membráně červených krvinek
Aglutinin - protilátka proti aglutinogenu
Aglutinace - shlukování červených krvinek

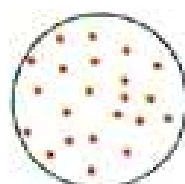
System ABO:

- O** žádný aglutinogen *v membráně*
v plazmě protilátky anti-A a anti-B
- A** *v membráně* aglutinogen A
v plazmě protilátka anti-B
- B** *v membráně* aglutinogen B
v plazmě protilátka anti-A
- AB** *v membráně* aglutinogen A i B
v plazmě žádná protilátka

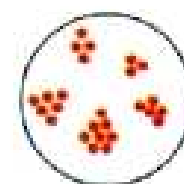
Rh – systém:

- Rh+** - v membráně **přítomen**
aglutinogen D
- Rh-** - v membráně **není**
aglutinogen D
- ! Za normálních okolností !
nejsou přítomny v plazmě
protilátky proti aglutinogenu D !

<i>Krev příjemce</i>		<i>Reakce s krví dárce</i>			
<i>Antigeny červených krvinek</i>	<i>Plazmatické protilátky</i>	<i>Dárce sk. 0</i>	<i>Dárce sk. A</i>	<i>Dárce sk. B</i>	<i>Dárce sk. AB</i>
<i>žádné skupina 0</i>	<i>anti-A anti-B</i>				
<i>A skupina A</i>	<i>anti-B</i>				
<i>B skupina B</i>	<i>anti-A</i>				
<i>AB skupina AB</i>	<i>žádné</i>				



normální krev



aglutinovaná krev

ZÁTĚŽ

Akutní – hemokoncentrace (ztráta objemu plazmy – vyšší u odporové zátěže než u dynamického cvičení)

- hemolýza (vzhledem ke kapacitě transportu O₂ zanedbatelná)
- retikulocytóza (mladé červené krvinky) těsně po zátěži

Adaptace – zvýšení objemu plazmy (zvýšení albuminu ?) a počtu červených krvinek

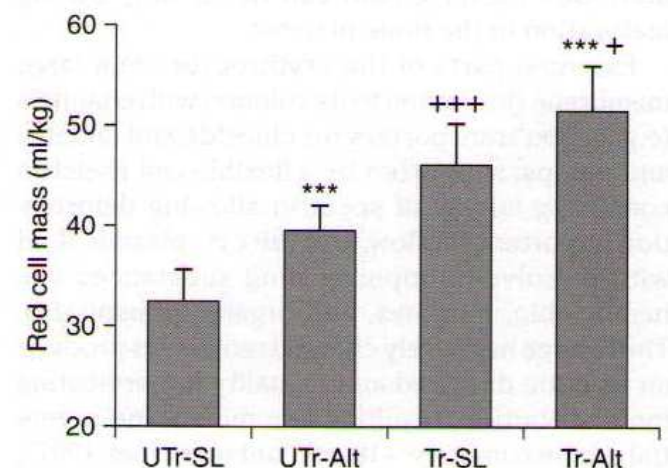
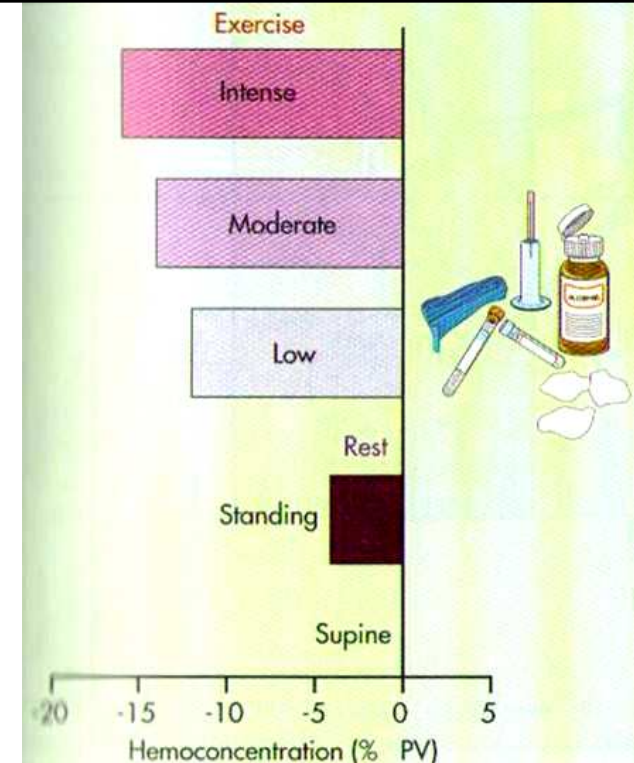


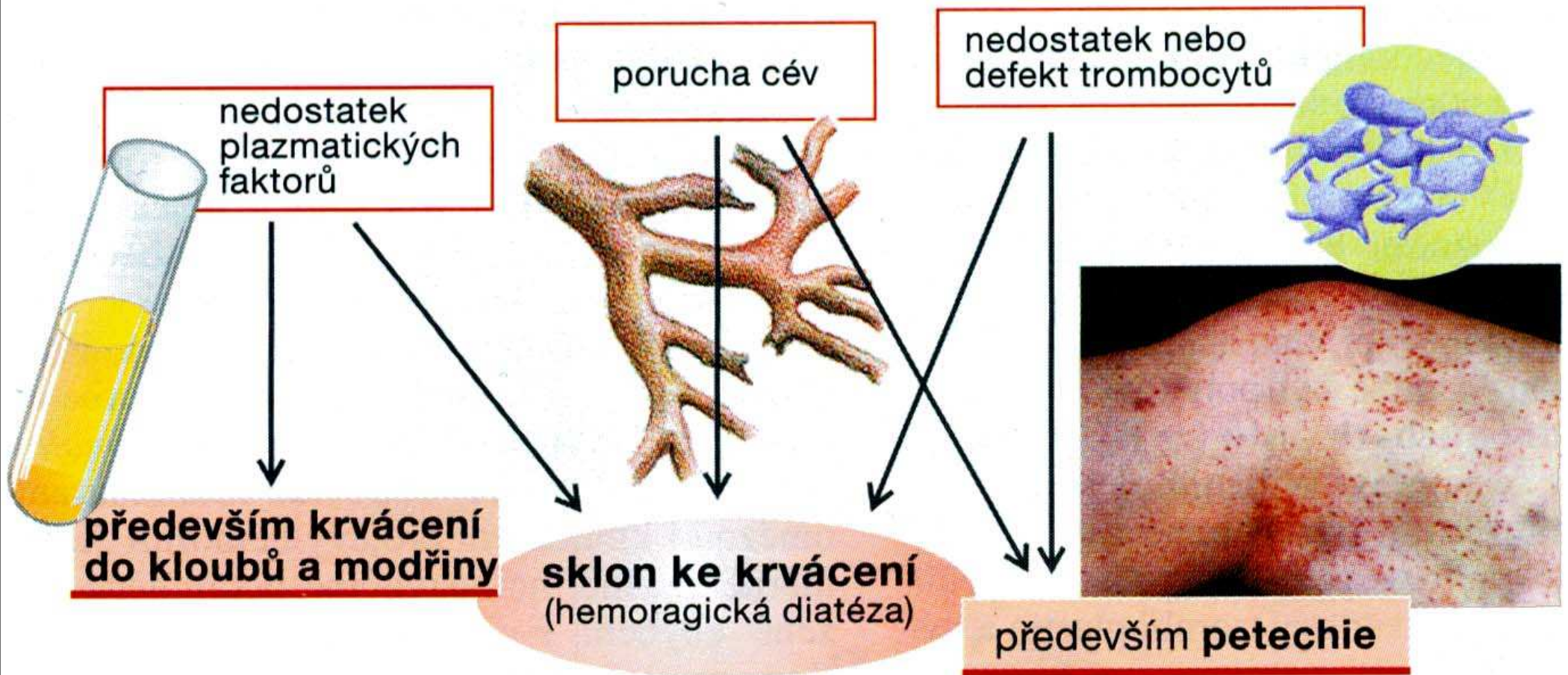
Figure 17.1 Red cell mass calculated for kilogram body mass in highly trained cyclists from altitude (Alt, 2,600 m)

SRÁŽENÍ

koagulační faktory

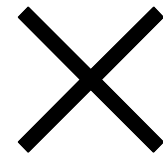
cévy

destičky

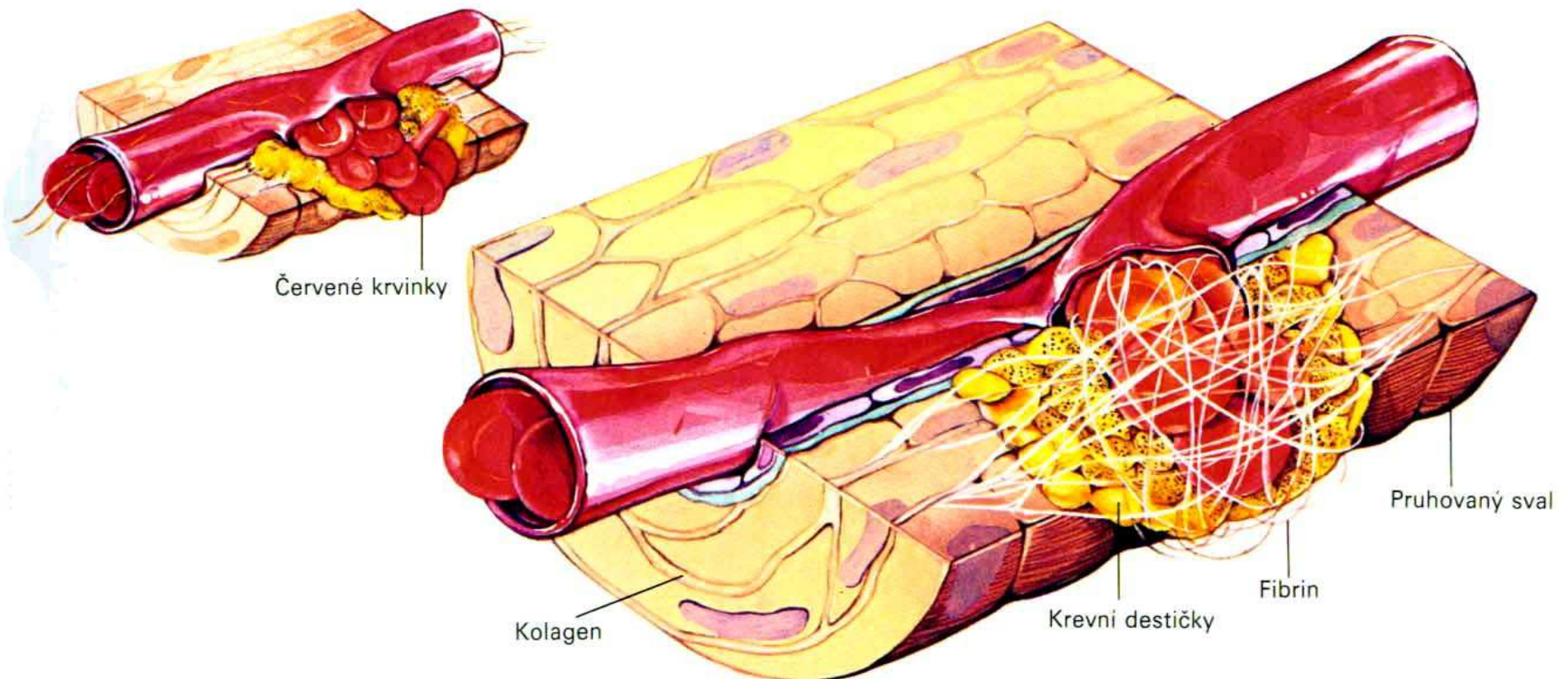


HEMOSTÁZA

1. vazokonstrikce
2. bílý trombus
3. červený trombus



fibrinolytický
systém



DESTIČKY

- vznikají ve dřeni fragmentací ***MEGAKARYOCYTŮ***
- bezjaderné malé disky
- aktivovány „*von Willebrandovým*“ faktorem, který je produkovaný endoteliálními buňkami
→ přilnutí destiček na obnažený kolagen
- produkce vazokonstrikčních látek (*serotonin,*
thromboxanA)
- thromboxan A zesiluje aktivaci destiček (*blokuje*
ASPIRIN)

ZÁSTAVA KRVÁCENÍ - HEMOSTÁZA

Bílkoviny: faktor I-III, V, VII-XIII

Ca^{2+} : F IV

VNITŘNÍ SYSTÉM

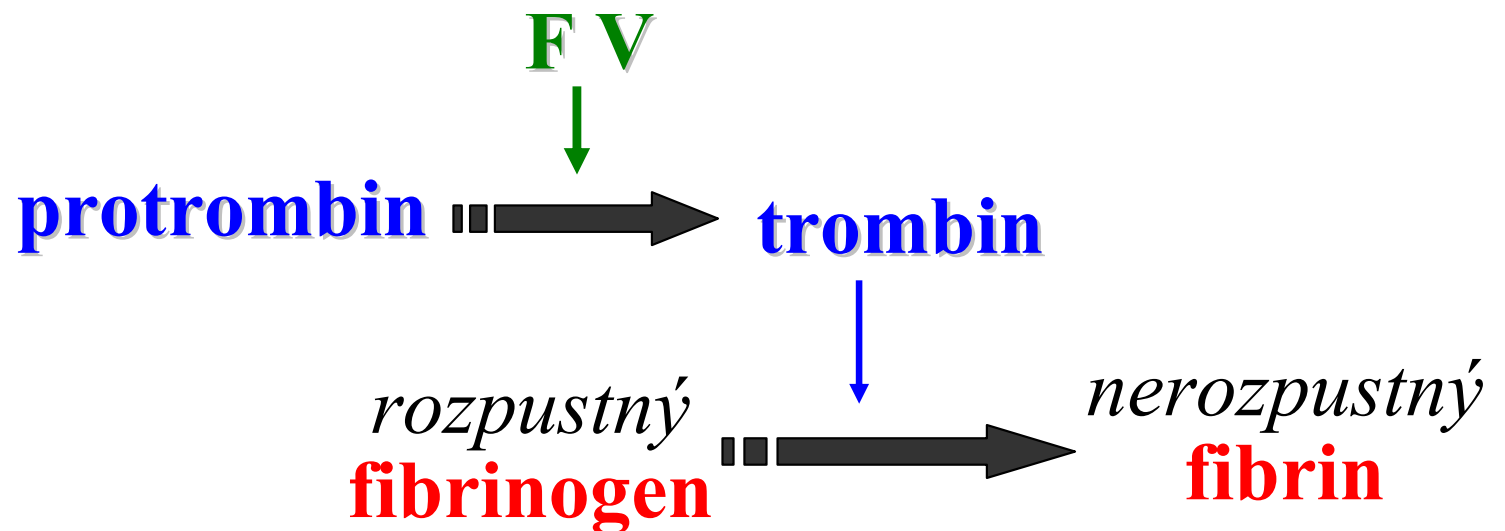
poranění cévy

F XII, FXI, F IX,
F VIII, F X, F IV

VNĚJŠÍ SYSTÉM

poranění tkáně

F VII, F III, F IV



SRAŽENÍ KRVE - HEMOKOAGULACE

Sérum - plazma bez hemokoagulačních faktorů

Látky důležité pro koagulaci:

Vitamín K

Ca²⁺

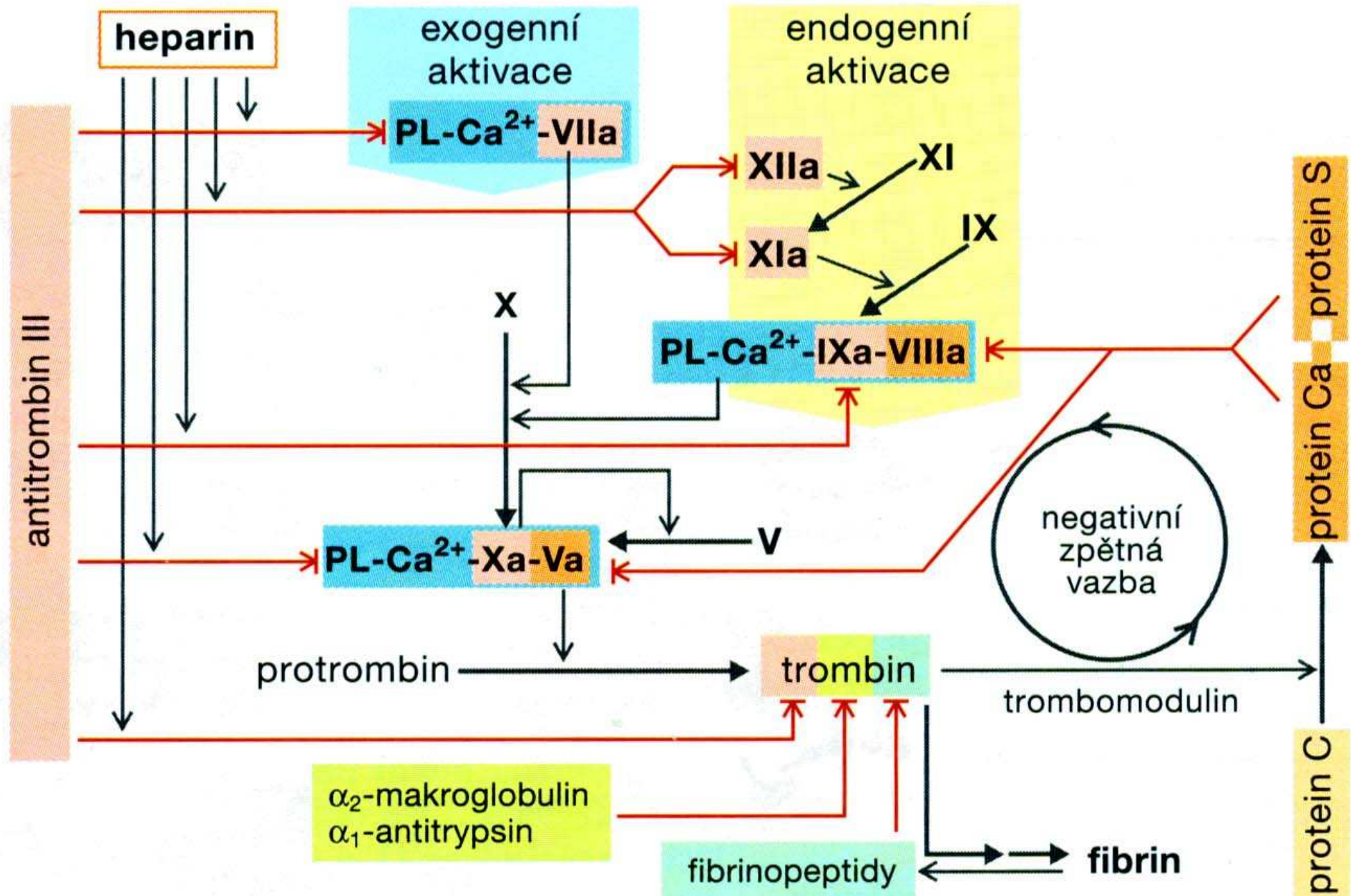
Důležité látky bránící koagulaci:

Tělu vlastní – plazmin, heparin

Tělu cizí - látky *blokující* funkci vitamínu K (Warfarin)

- látky *vyvazující* Ca²⁺ (pouze ve zkumavce)

INHIBICE SRÁŽENÍ



ZÁTĚŽ

Akutní – intenzivní zátěž – stimulace destiček, srážení i fibrinolýzy
- střední intenzity zátěže – stimulace pouze fibrinolýzy

Po zátěži – aktivace srážení přetrvává déle než aktivace fibrinolýzy
– *náhlá srdeční smrt (?)*