

FYZIOLOGIE I



Martina Novotná

Konzultační hodiny:

Po: 10.30 – 12.00

Čt: 11.15 – 12.00

novotna@fsps.muni.cz

www.fsps.muni.cz/~novotna

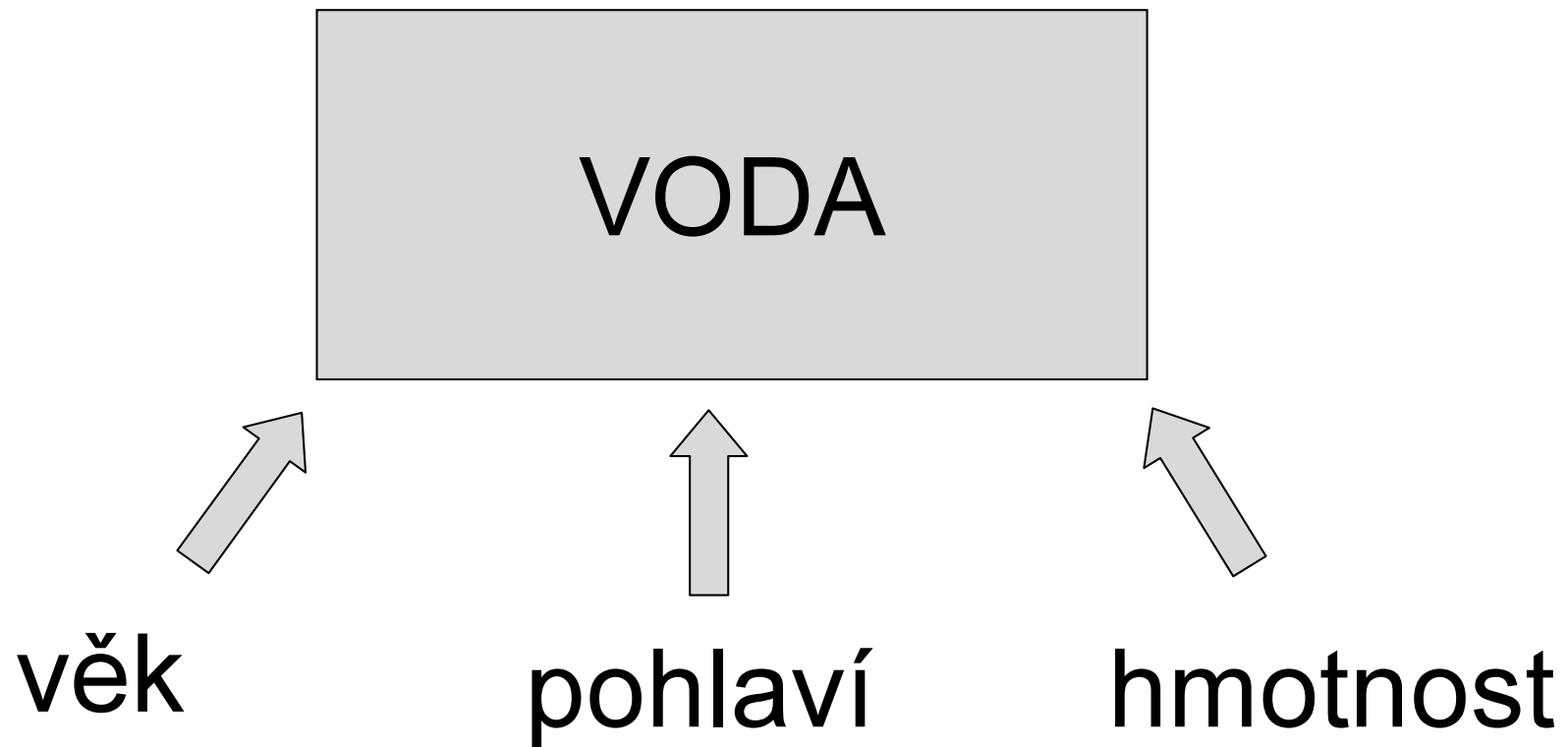
FYZIOLOGIE TĚLNÍCH TEKUTIN

KREV

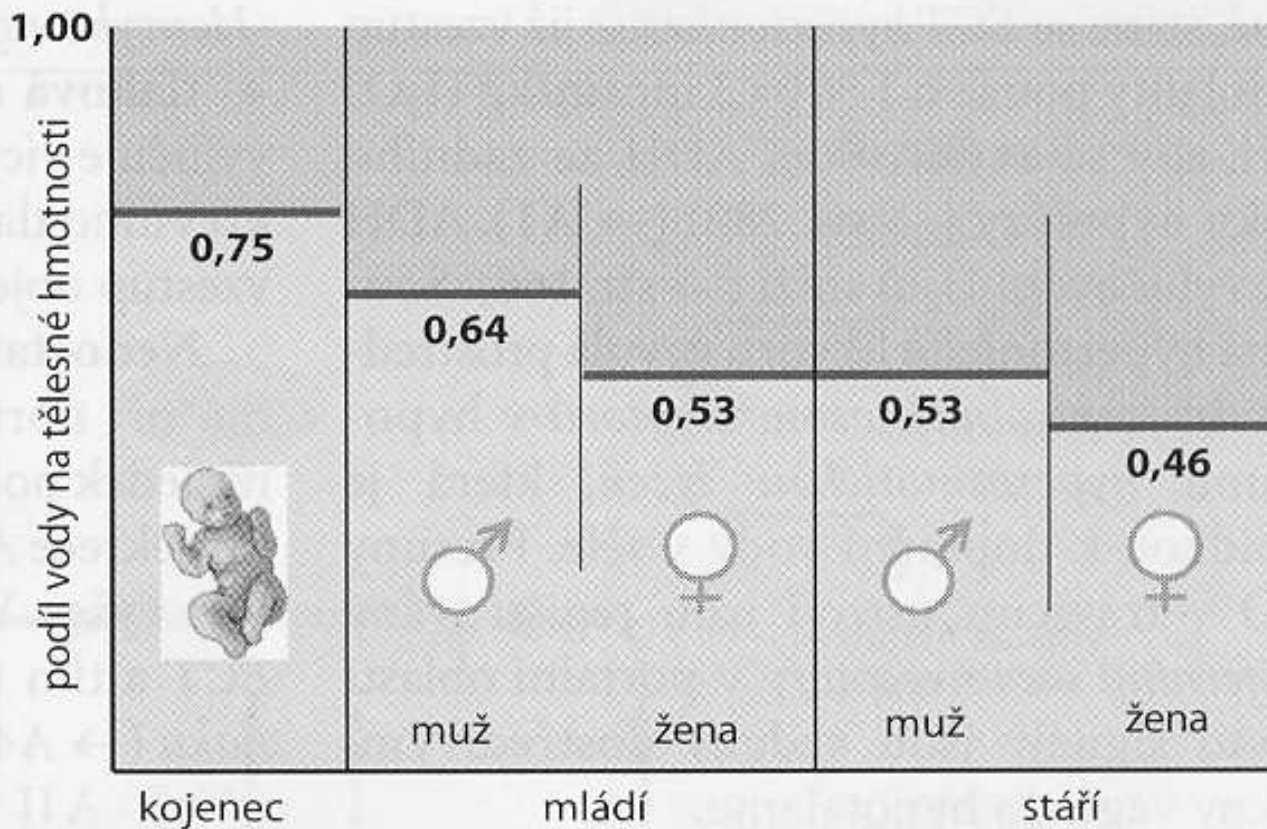
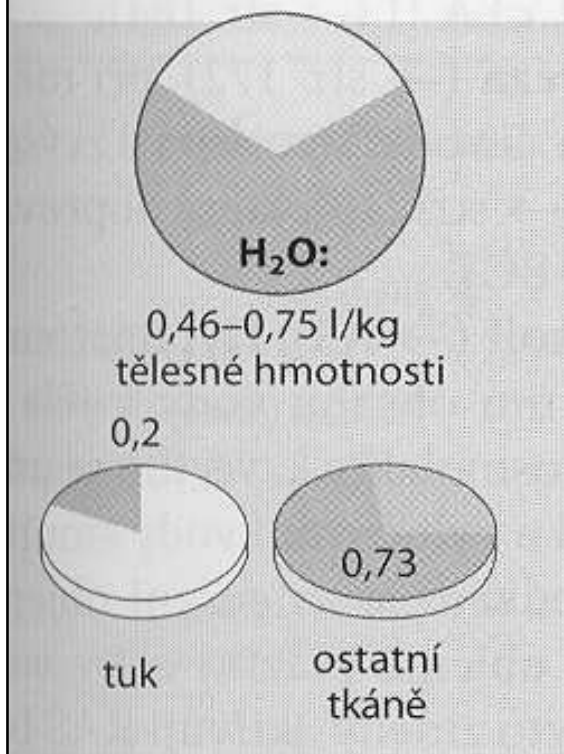
HOMEOSTÁZA

IMUNITNÍ SYSTÉM

FYZIOLOGIE TĚLNÍCH TEKUTIN



B. Obsah vody v těle



Silbernagl a Despopoulos, 2004

FUNKCE VODY V TĚLE

- působí jako transportní prostředí pro živiny, elektrolyty, hormony, krevní plyny, odpadní látky a elektrické proudy
- slouží jako rozpouštědlo a vhodné prostředí pro chemické reakce probíhající v organismu
- zvlhčuje a chrání sliznici a udržuje pružnost a odolnost kůže

OBSAH VODY V RŮZNÝCH TKÁNÍCH (muž, 70kg)

	% VODY
KREV	83%
SVALY	76%
KŮŽE	72%
KOSTI	22%
TUKY	10%
ZUBNÍ SKLOVINA	2%

VODA



INTRACELULÁRNÍ
TEKUTINA

40% tělesné hmotnosti

60% tělesné vody

30 l

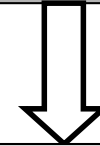
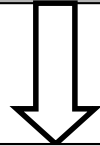
EXTRACELULÁRNÍ
TEKUTINA

20% tělesné hmotnosti

40% tělesné vody

15 l

EXTRACELULÁRNÍ
TEKUTINA



INTRAVAZÁLNÍ
TEKUTINA

KREVNÍ PLAZMA

INTERSTICIÁLNÍ
TEKUTINA

TKÁŇOVÝ MOK

LYMFA

TRANSCELULÁRNÍ
TEKUTINA

MOZKOMÍŠNÍ MOK

NITROOČNÍ TEKUTINA

PLEURÁLNÍ TEKUTINA

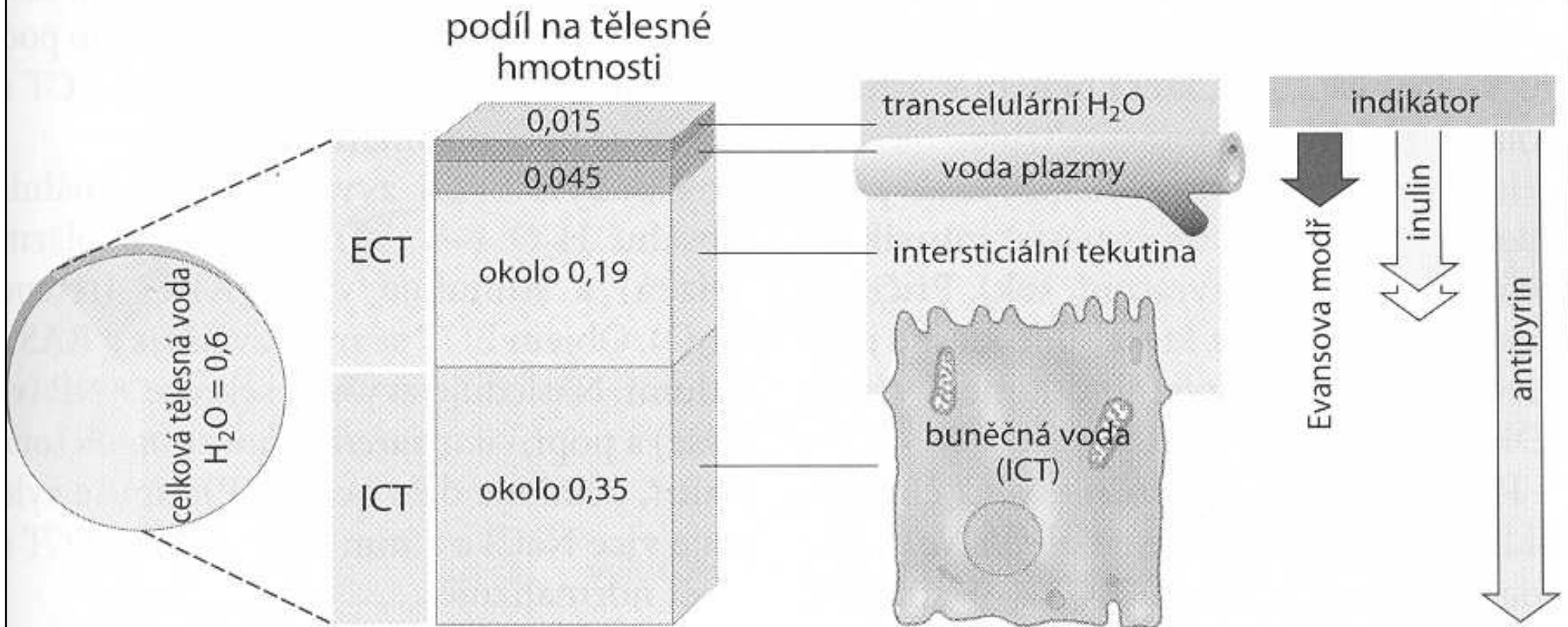
PERITONEÁLNÍ TEKUTINA

PERIKARDIÁLNÍ TEKUTINA

NITROKLOUBNÍ TEKUTINA

SEKRETY TRÁVICÍCH ŽLÁZ

C. Kompartmenty (prostory) tělesných tekutin



Silbernagl a Despopoulos, 2004

SLOŽENÍ TĚLNÍCH TEKUTIN

ORGANICKÉ LÁTKY

MOČOVINA

GLUKOZA

AMINOKYSELINY

PLAZMATICKÉ BÍLKOVINY

ANORGANICKÉ LÁTKY

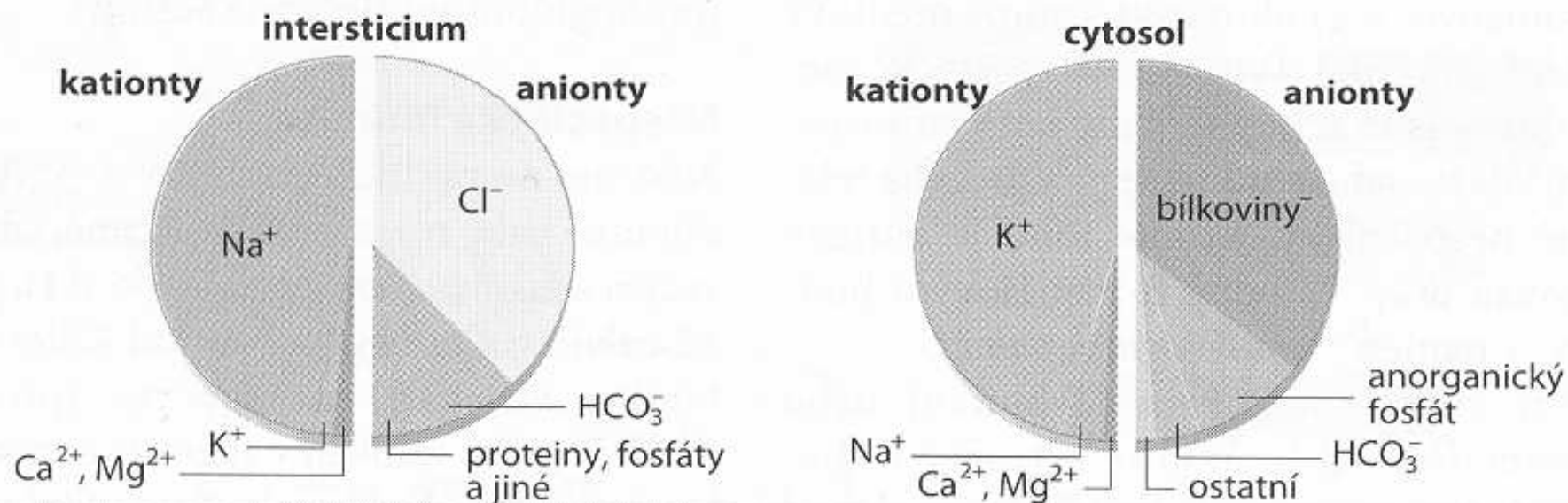
ELEKTROLYTY

SLOŽENÍ TĚLNÍCH TEKUTIN

IONTY	Extracelulární tekutina (mmol/l)	Intracelulární tekutina (mmol/l)
Na ⁺	138 - 148	10
K ⁺	4 - 5	140 - 160
Cl ⁻	103	2 - 4
HCO ₃ ⁻	28	10
Ca ²⁺	2,25 - 2,75	0,0001

C. Iontové složení tělesných tekutin

Sibermann a Despopoulos, 2004



		mval/l (mmol/l)			
iont		plazma	voda plazmy	intersticiium	cytosol
kationty	Na ⁺	142	153	145	okolo 12
	K ⁺	4,3	4,6	4,4	okolo 140
	volné Ca ²⁺	2,6 (1,3*)	2,8 (1,3)	2,5 (1,5)	< 0,001
	volné Mg ²⁺	1,0 (0,5**)	1,0 (0,5)	0,9 (0,45)	1,6
	součet	150	162	153	oko 152
anionty	Cl ⁻	104	112	117	okolo 3
	HCO ₃ ⁻	24	36	27	10
	anorganický fosfát	2	2,2	2,3	okolo 30
	bílkoviny	14	15	0,4	okolo 54
	jiné	5,9	6,3	6,2	okolo 54
	součet	150	162	153	okolo 152

*) celkové Ca v plazmě 2,5 mmol/l; **) celkové Mg v plazmě 0,9 mmol/l

EXTRACELULÁRNÍ TEKUTINA

- omývá buňky
- přináší buňkám rozpuštěné veškeré živiny a kyslík
- odplavuje odpadní látky → podílí se na udržování HOMEOSTÁZY

INTRACELULÁRNÍ TEKUTINA

PŘÍJEM A VÝDEJ VODY

PŘÍJEM

NÁPOJ

1 - 1,5 l/den

POTRAVA

1 l/den

OXIDAČNÍ POCHODY

0,3 l/den

ZTRÁTA

MOČ

1,5 l/den

KŮŽE - POCENÍ

0,6 - 0,8 l/den

0 - 2 l/hod.

DÝCHÁNÍ

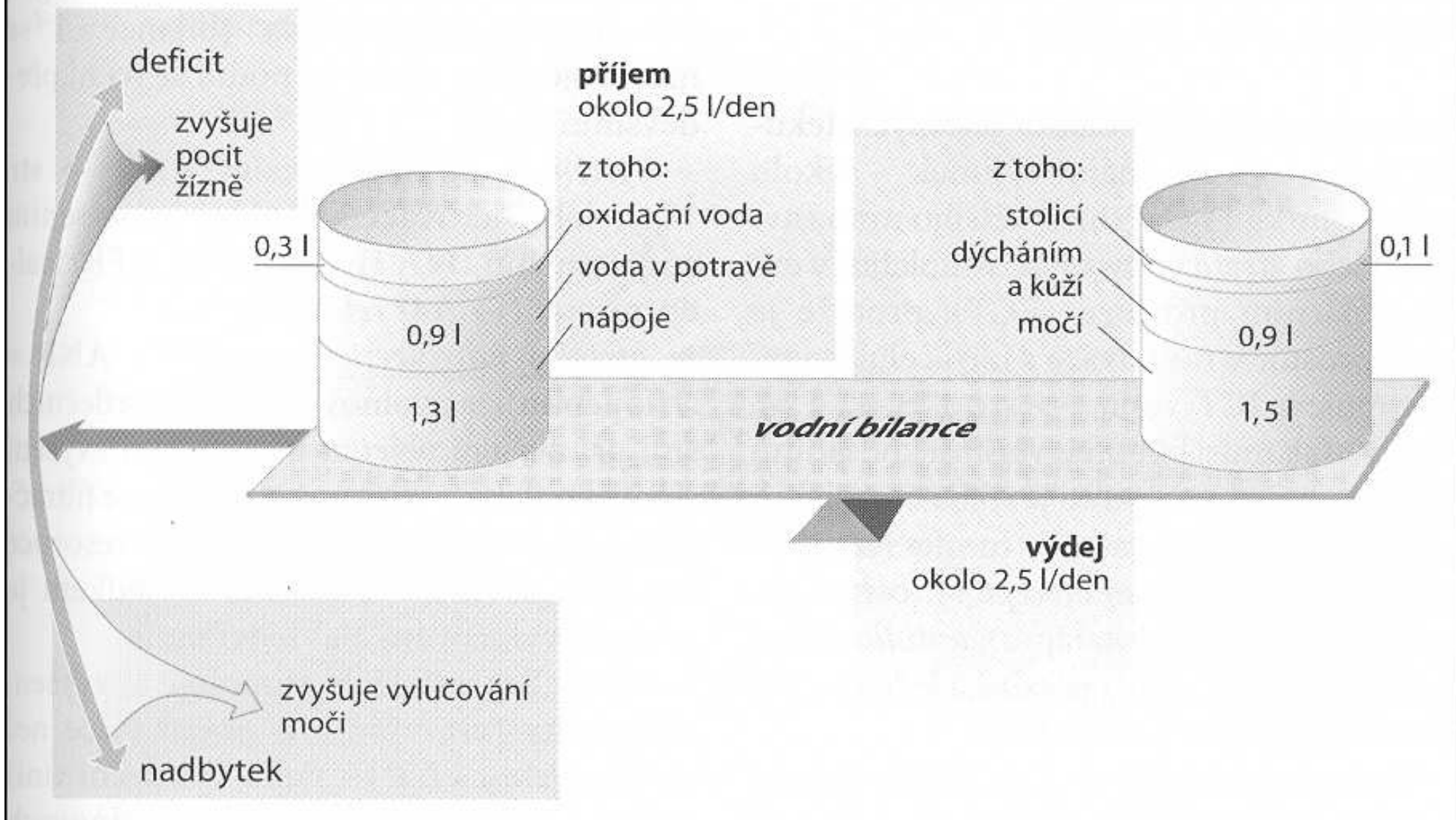
0,2 l/den

STOLICE

0,1 l/den

ZVRACENÍ

A. Vodní bilance u člověka



KREV

CELKOVÝ OBJEM (l)	% Z CELKOVÉ HMOTNOSTI
4,5 - 6	6 - 8

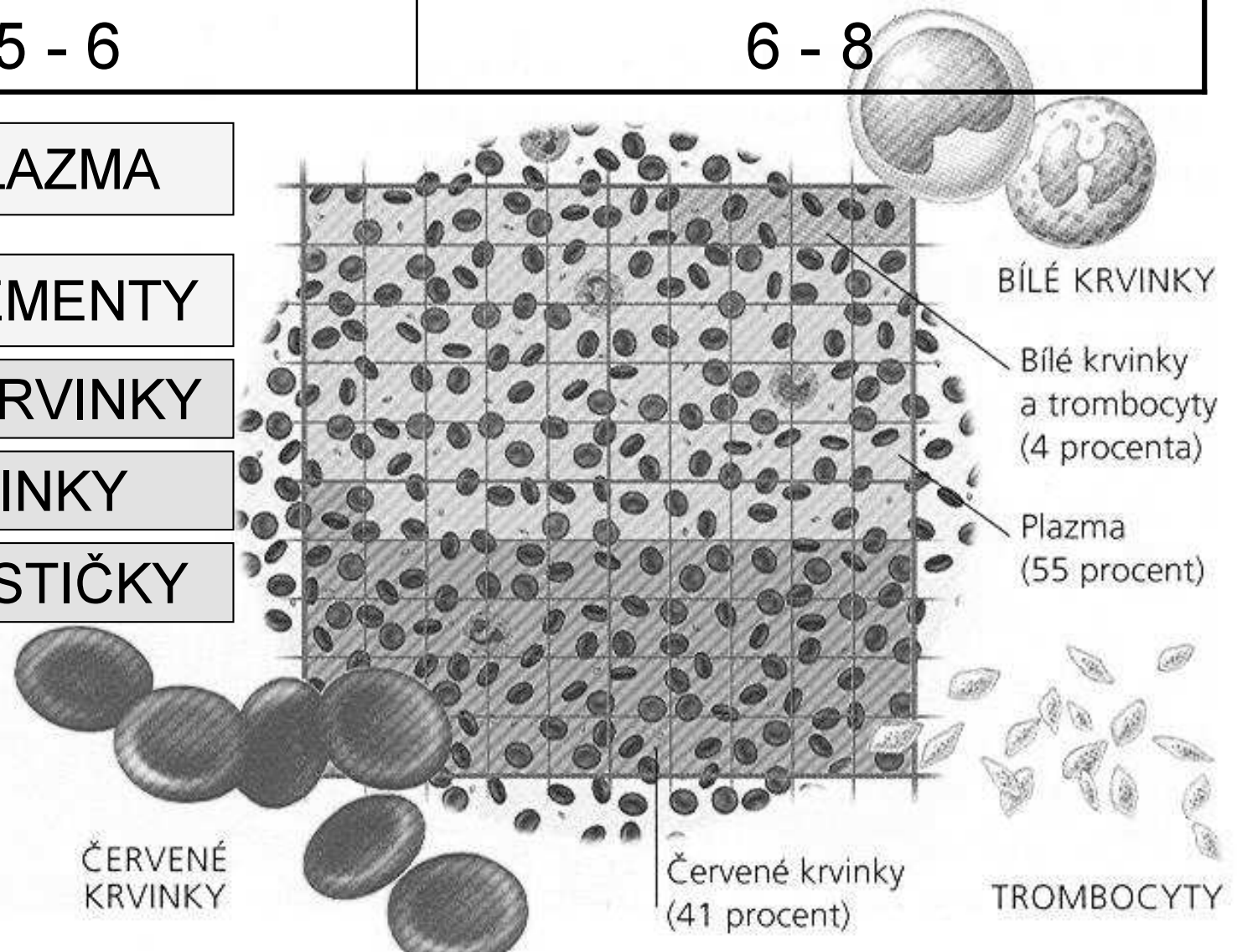
KREVNÍ PLAZMA

KREVNÍ ELEMENTY

ČERVENÉ KRVINKY

BÍLÉ KRVINKY

KREVNÍ DESTIČKY



FUNKCE KRVE

- TRANSPORTNÍ – zahrnuje transport různých látek do celého těla a mezi jednotlivými orgány (O_2 , CO_2 , živiny, zplodiny, hormony, vitamíny); krev transportuje i teplo
- HOMEOSTATICKÁ – reguluje *acidobazickou rovnováhu*; tím, že krev omývá receptory a transportuje hormony a další látky, umožňuje činnost dalším homeostatickým mechanismům (zachování stálého objemu, stálé koncentrace iontů a stálého osmotického tlaku)
- OBRANNÁ, IMUNITNÍ – zprostředkováno bílými krvinkami a plazmou; *hemokoagulace* – zamezuje šíření škodlivin vyvolávající záněty

KREVNÍ PLAZMA

CELKOVÝ OBJEM (l)	% Z CELKOVÉ HMOTNOSTI
3 – 3,5	5

SLOŽENÍ KREVNÍ PLAZMY

VODA	90 %
ANORGANICKÉ LÁTKY	10 %
ORGANICKÉ LÁTKY	

ANORGANICKÉ LÁTKY V KREVNÍ PLAZMĚ

IONTY

- AKTIVNÍ: sodný kationt, chloridový aniont
- OSTATNÍ IONTY: draselný, vápenatý, hořečnatý, hydrogenuhličitanový, fosfát, sulfát, železo, měď, jod
- jsou důležité pro její objem, osmotický tlak a pH

ORGANICKÉ LÁTKY V KREVNÍ PLAZMĚ

BÍLKOVINY

GLUKOZA

MOČOVINA

PLAZMATICKÉ PROTEINY, BÍLKOVINY KREVNÍ PLAZMY

ALBUMINY

- vytvářejí onkotický tlak
- přenašeči některých látek, např. hormonů

GLOBULINY α , β , a γ

- jsou významné pro obranu organismu, zvláště γ -globuliny (*imunoglobuliny*)
- vážou na sebe některé enzymy, hormony
- α -globuliny vážou na sebe tuky, měď a volný hemoglobin
- β -globuliny mají význam pro transport železa a tuků, zejména cholesterolu

FIBRINOGEN

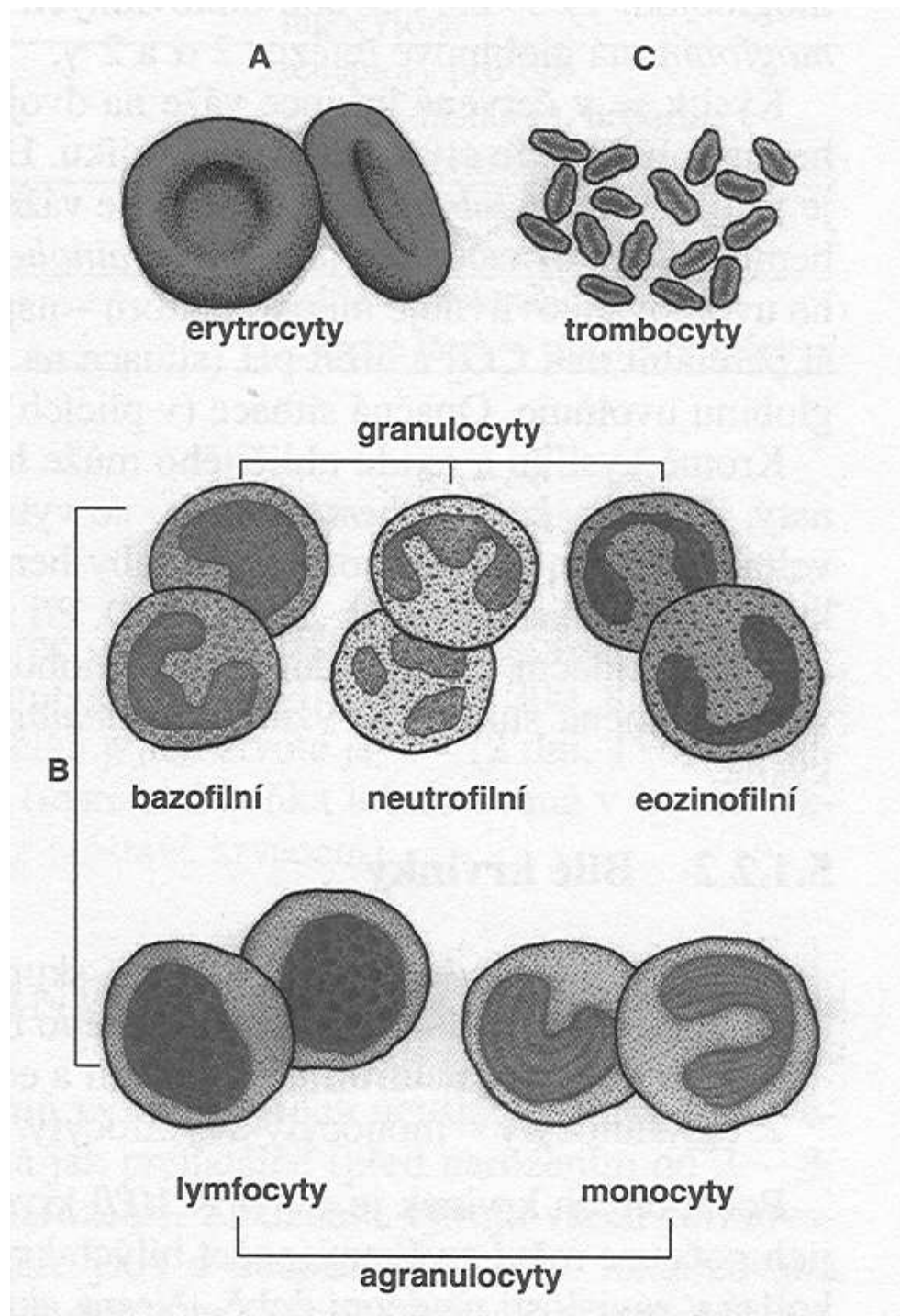
- účastní se srážení krve plazmy

KREVNÍ ELEMENTY

ČERVENÉ KRVINKY -
ERYTROCITY

BÍLÉ KRVINKY -
LEUKOCYTY

KREVNÍ DESTIČKY -
TROMBOCYTY



ČERVENÉ KRVINKY - ERYTROCYTY

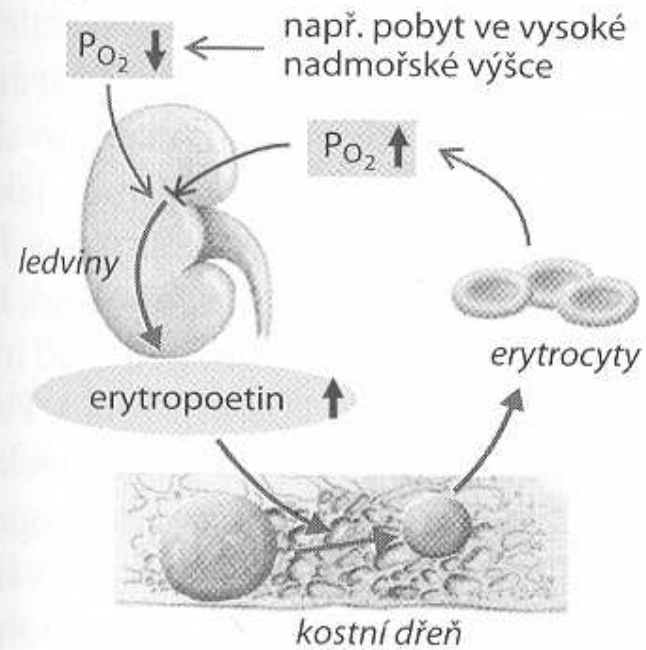
- nemají jádro
- velikost: 8 x 2 μm

FUNKCE:

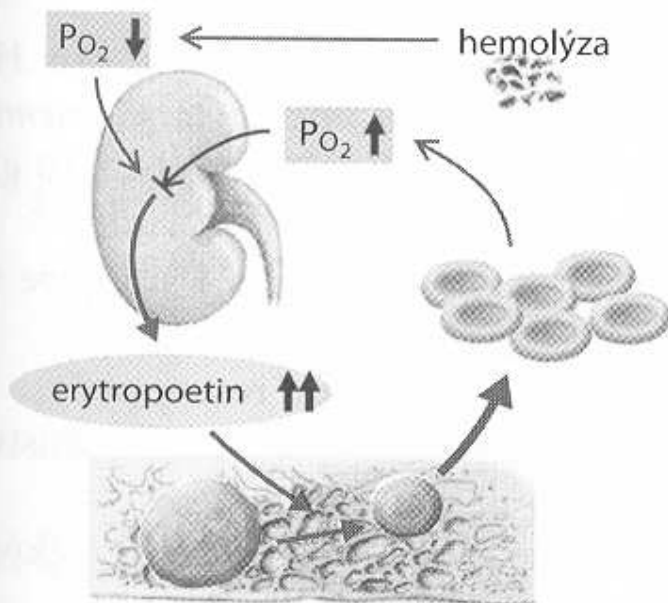
- přenos kyslíku a oxidu uhličitého mezi plícemi a tkáněmi
- podílejí se na udržování acidobazické rovnováhy v krvi
- vznikají v krvetvorných tkáních a odumírají především ve slezině
- přežívají 110-120 dnů
- obsahují krevní barvivo HEMOGLOBIN

A. Řízení počtu erytrocytů

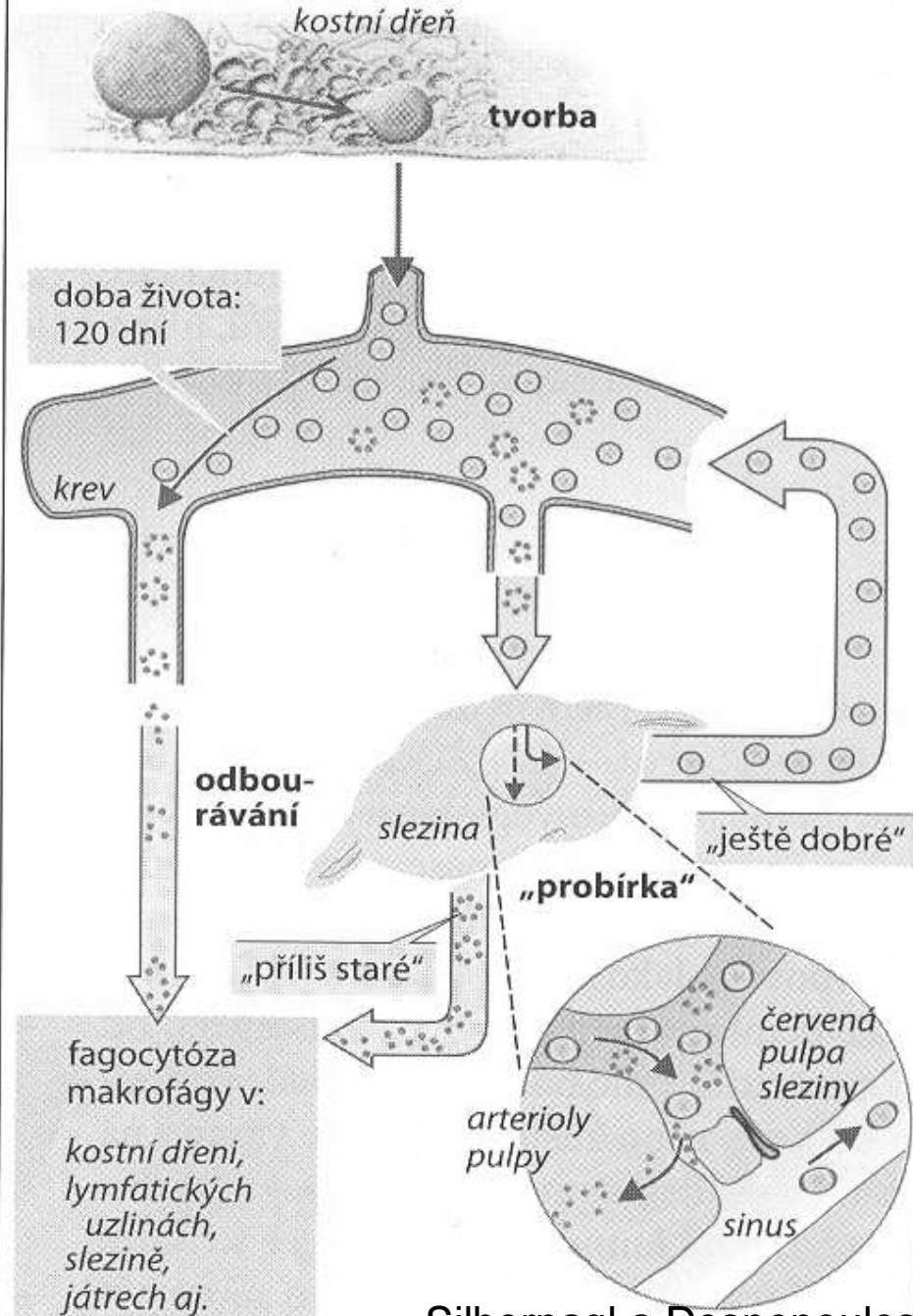
1 hypoxie



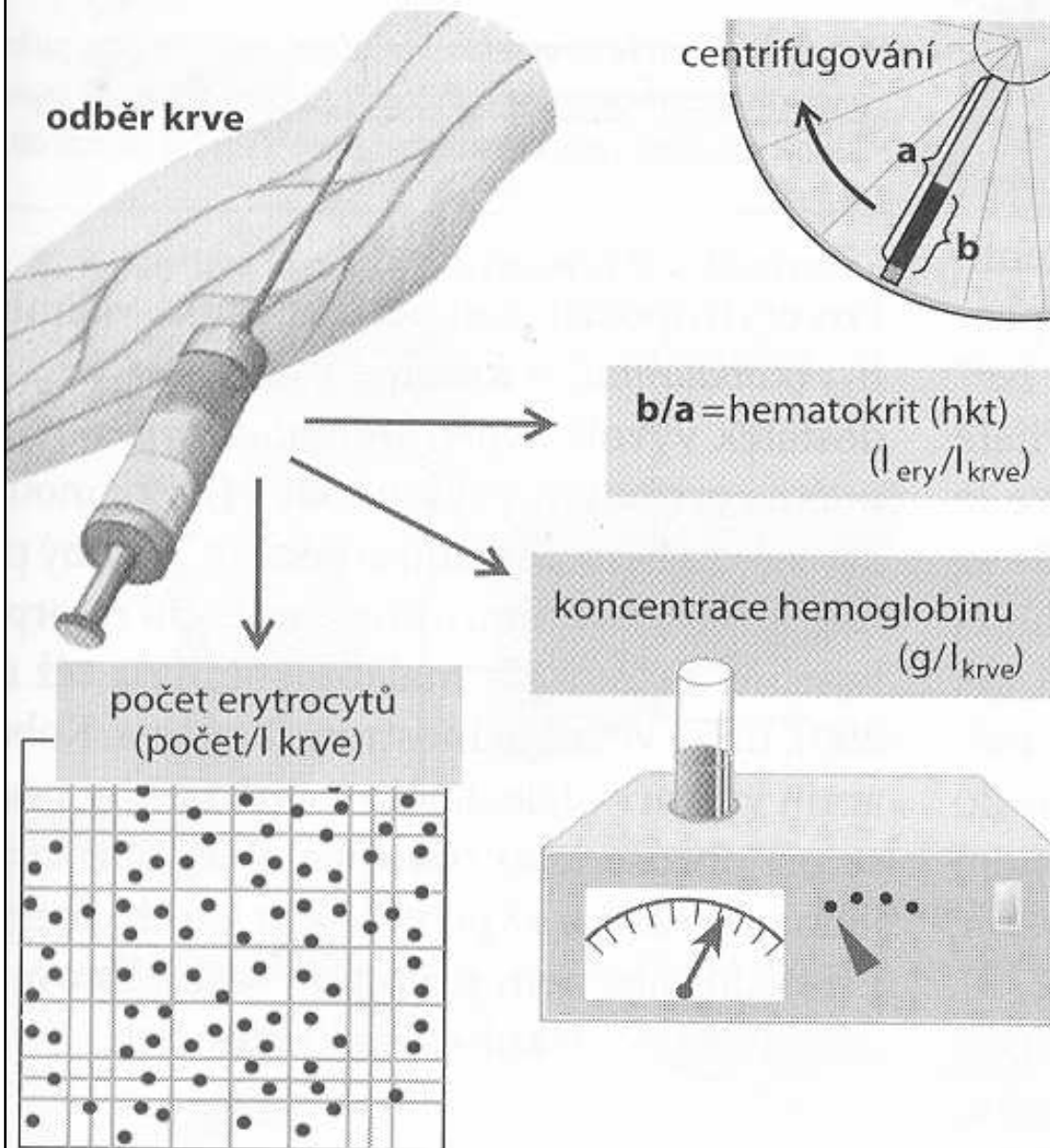
2 hemolýza



B. Doba života a zánik erytrocytů



C. Parametry červených krvinek: MCH, MCV a MCHC



MCH (barevná hodnota červené krvinky)

$$= \frac{\text{konc. Hb}}{\text{počet ery}} \quad (\text{g/ery})$$

normálně:
27–32 pg

MCV (střední objem červené krvinky)

$$= \frac{\text{hkt}}{\text{počet ery}} \quad (l/\text{ery})$$

normálně:
80–100 fl

MCHC (průměrná koncentrace Hb v ery)

$$= \frac{\text{konc. Hb}}{\text{hkt}} \quad (\text{g}/l_{\text{ery}})$$

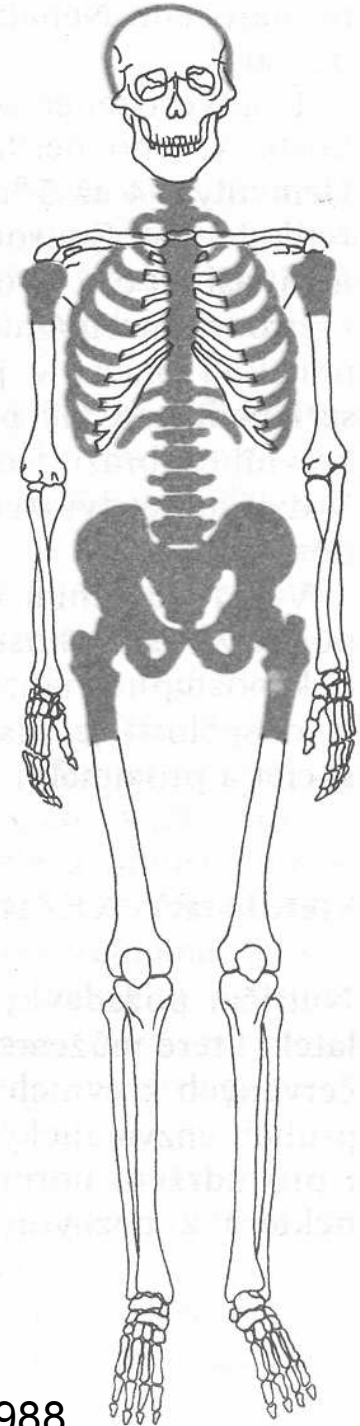
normálně:
320–360 g/l

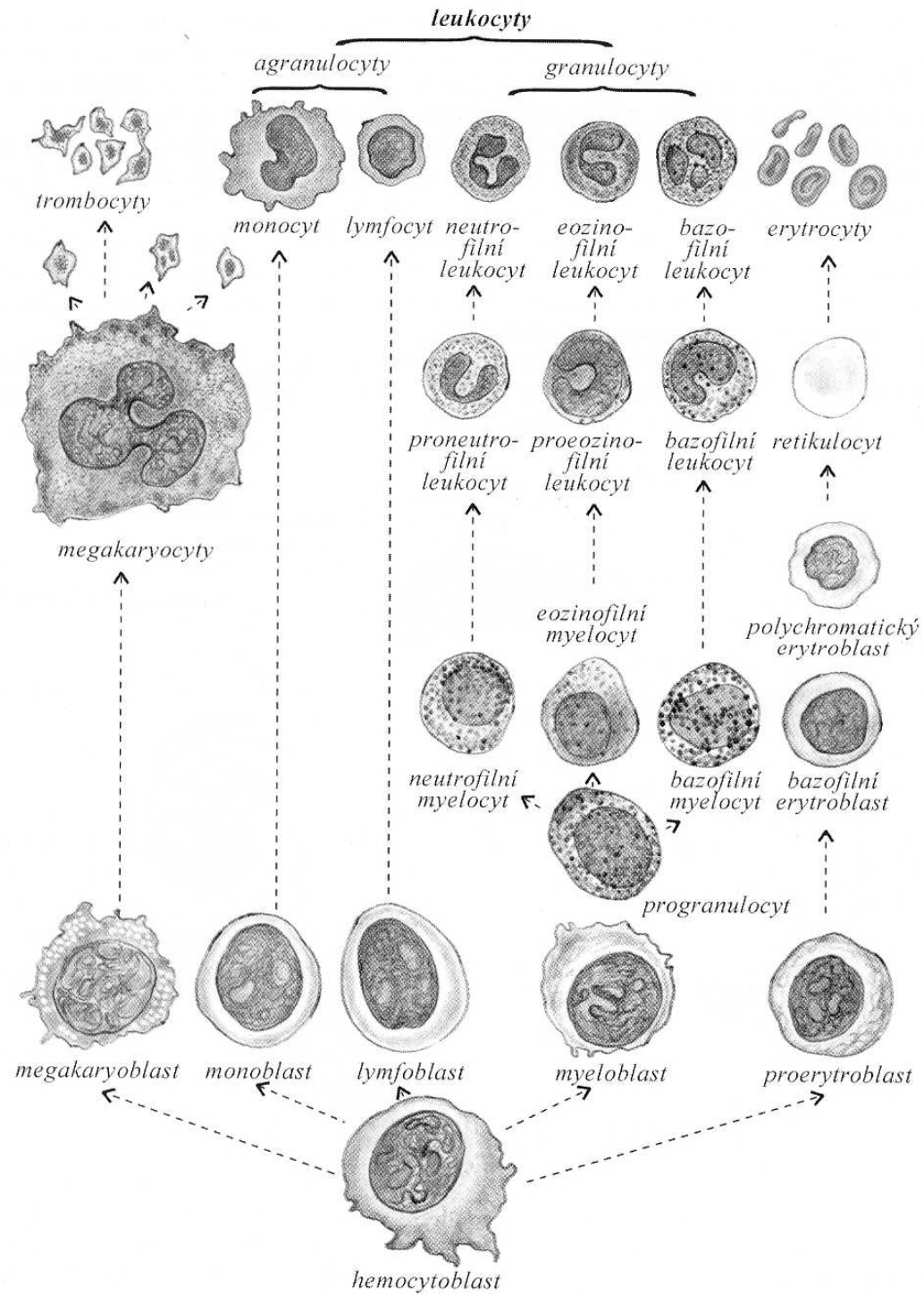
HEMOGLOBIN

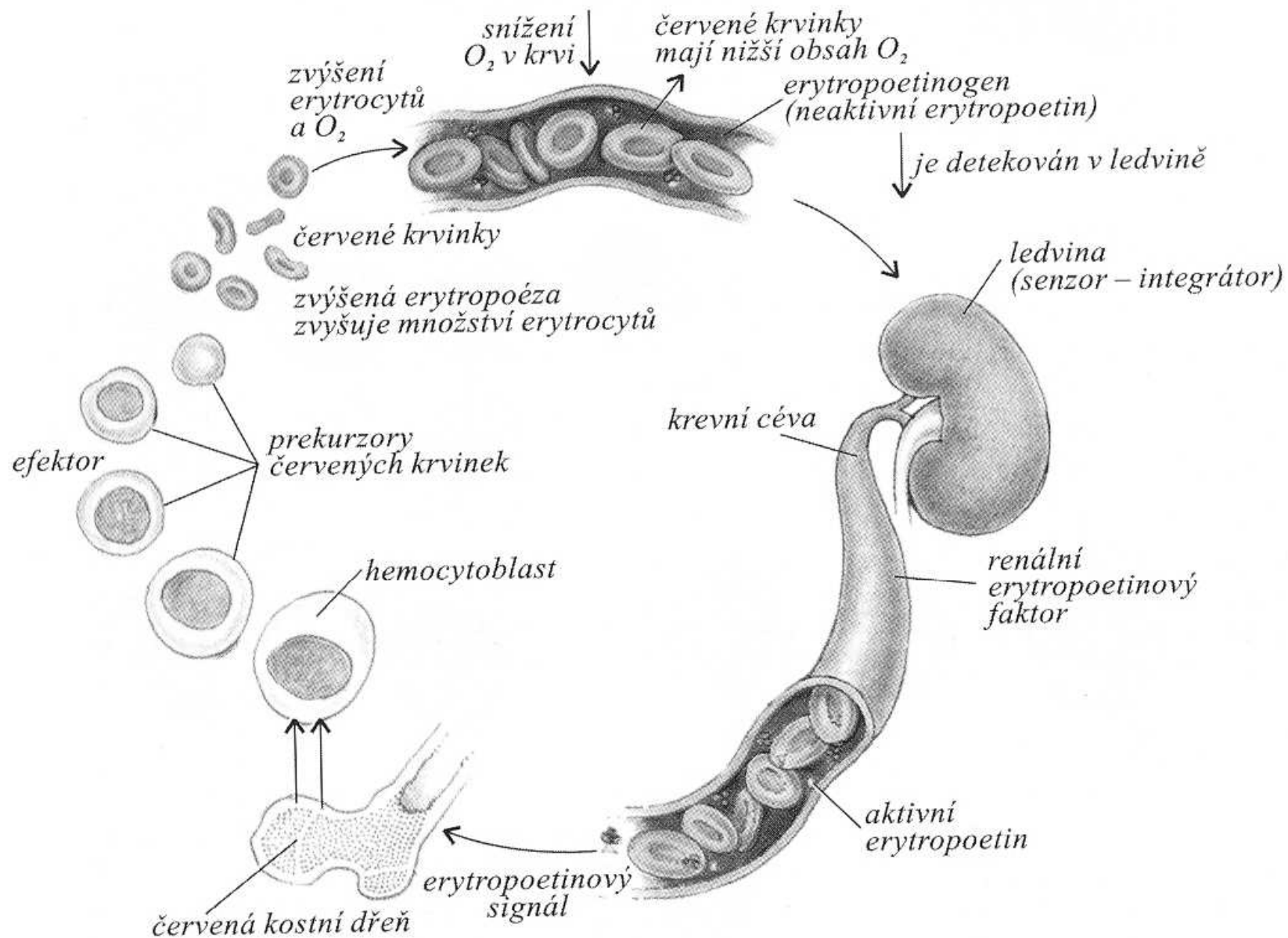
- základní látka pro přenos krevních plynů
- chemicky se skládá z *protoporfyriu*, který váže železo (tím vzniká hem) a z globulinu, což je bílkovina
- molekula hemoglobinu je tvořena čtyřmi polypeptidovými řetězci, z nichž každý váže jeden hem; na každý hem s dvojmocným železem se může vázat jedna molekula kyslíku

ERYTROPOÉZA = tvorba červených krvinek

- v dospělosti probíhá v červené kostní dřeni (obratle, žebra, ploché kosti)
- základem erythropoézy jsou *pluripotentní kmenové buňky*; z nich se stálým dělením vytvářejí červené krvinky
- erythropoéza je regulována hormonem **erythropoetinem**, jenž se tvoří především v ledvinách a asi z 10% v játrech
- pro erythropoézu je nezbytný dostatek železa







Obr. 6.4 Erythropoéza. Po snížení kyslíku v krvi uvolňují ledviny erythropoetický faktor. Ten přeměňuje inaktivní erythropoetin vznikající v játrech na aktivní erythropoetin, který stimuluje produkci erytrocytů v červené kostní dřeni. Tím se zvyšuje erythropoéza, zvyšuje se množství červených krvinek a krev se znovu nasýtí kyslíkem.

BÍLÉ KRVINKY - LEUKOCYTY

GRANULOCYTY

NEUTROFILNÍ

EOZINOFILNÍ

BAZOFILNÍ

AGRANULOCYTY

LYMFOCYTY

MONOCYTY

- mají jádro
- velikost: 6 - 25 μm

FUNKCE:

- účastní se na obraně organismu v imunitních dějích
- délka života je různá: od několika hodin až po 300 dnů

NEUTROFILNÍ LEUKOCYTY

- jsou důležitou součástí nespecifického obranného systému

EOZINOFILNÍ LEUKOCYTY

- se účastní při alergických, autoimunitních a parazitárních onemocnění a při rekonvalescenci

BAZOFILNÍ LEUKOCYTY

- účastní se při alergických reakcích, ale také při srážení krve a při agregaci trombocytů
- jejich granula obsahují *heparin* a *histamin*, které jsou významné při srážení krve a při zánětlivých reakcích

MONOCYTY

- jsou největší krvinky s velkou fagocytární kapacitou

Všechny leukocyty produkují CYTOKINY zvané INTERLEUKINY

KREVNÍ DESTIČKY - TROMBOCYTY

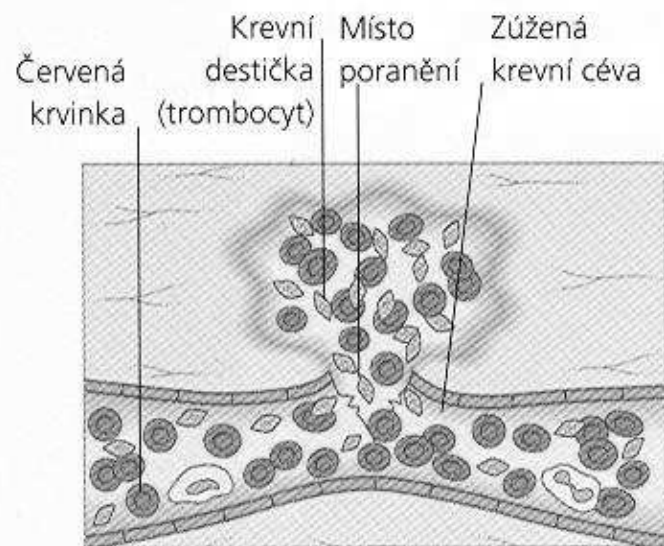
- počet: 150 - 400 000 v 1 μl
- bezjaderné částice
- velikost: 2-4 x 0,5-1 μm

FUNKCE:

- syntetizují mnoho látek
- jsou důležité pro zdravý růst cévního endotelu
- účastní se na zástavě krvácení
- hrají roli při zánětlivých reakcích

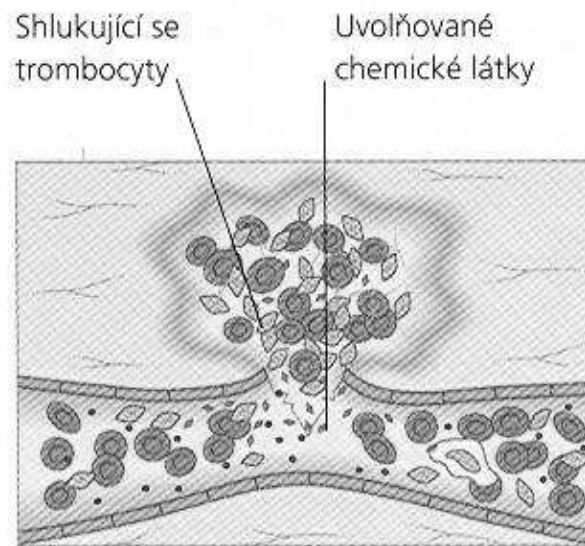
HEMOSTÁZA = zástava krvácení

- na zástavě krvácení se podílí: reakce cév, destiček a hemokoagulace
- při poranění céva reaguje tak, že se kontrahuje



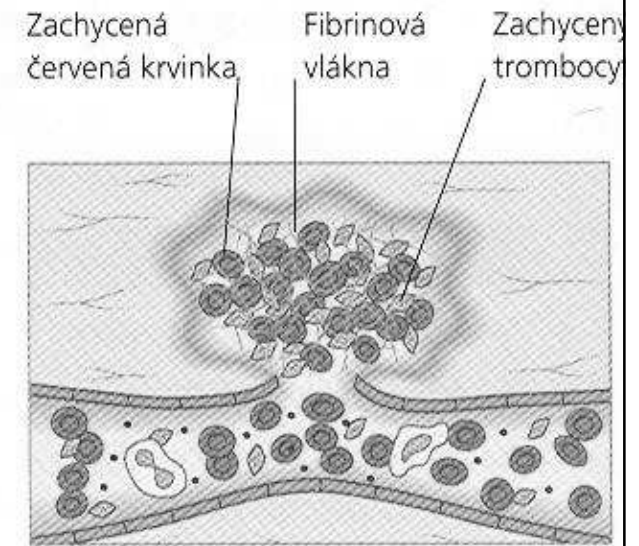
Aktivace krevních destiček

V prvním stadiu srážení se krevní destičky (trombocyty) dostávají do styku s poškozenou cévní stěnou. Stávají se lepkavými a začínají se shlukovat v místě poranění.



Uvolňování chemických látek

Shluklé krevní destičky a poškozená tkáň uvolňují chemické látky, které spouštějí celý složitý řetěz reakcí. Produktem tohoto pochodu jsou látky, které umožňují srážení krve.



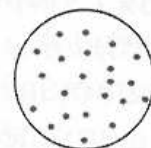
Tvoření fibrinu

Vlákna fibrinu v místě poranění tvoří spleť. Tato fibrinová „sít“ zachycuje další krevní částice, které pak v tomto místě, obvykle během deseti minut, vytvoří rosolovitou sraženinu.

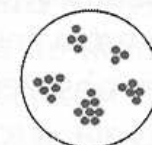
HEMOKOAGULACE = srážení krve

KREVNÍ SKUPINY – systém AB0

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



normální krev



aglutinovaná krev

Rokyta, 2000

Obr. 6.6 Znárodnění krevních skupin a jejich kompatibility včetně možných kombinací u dárce a příjemce

KREVNÍ SKUPINY – Rh-systém

- 6 Rh-antigenů: C, D, E, c, d, e
- 85% populace D-antigen → Rh-pozitivní (Rh⁺)
- 15% populace bez antigenu D → Rh-negativní (Rh⁻)

HOMEOSTÁZA = stálost vnitřního prostředí

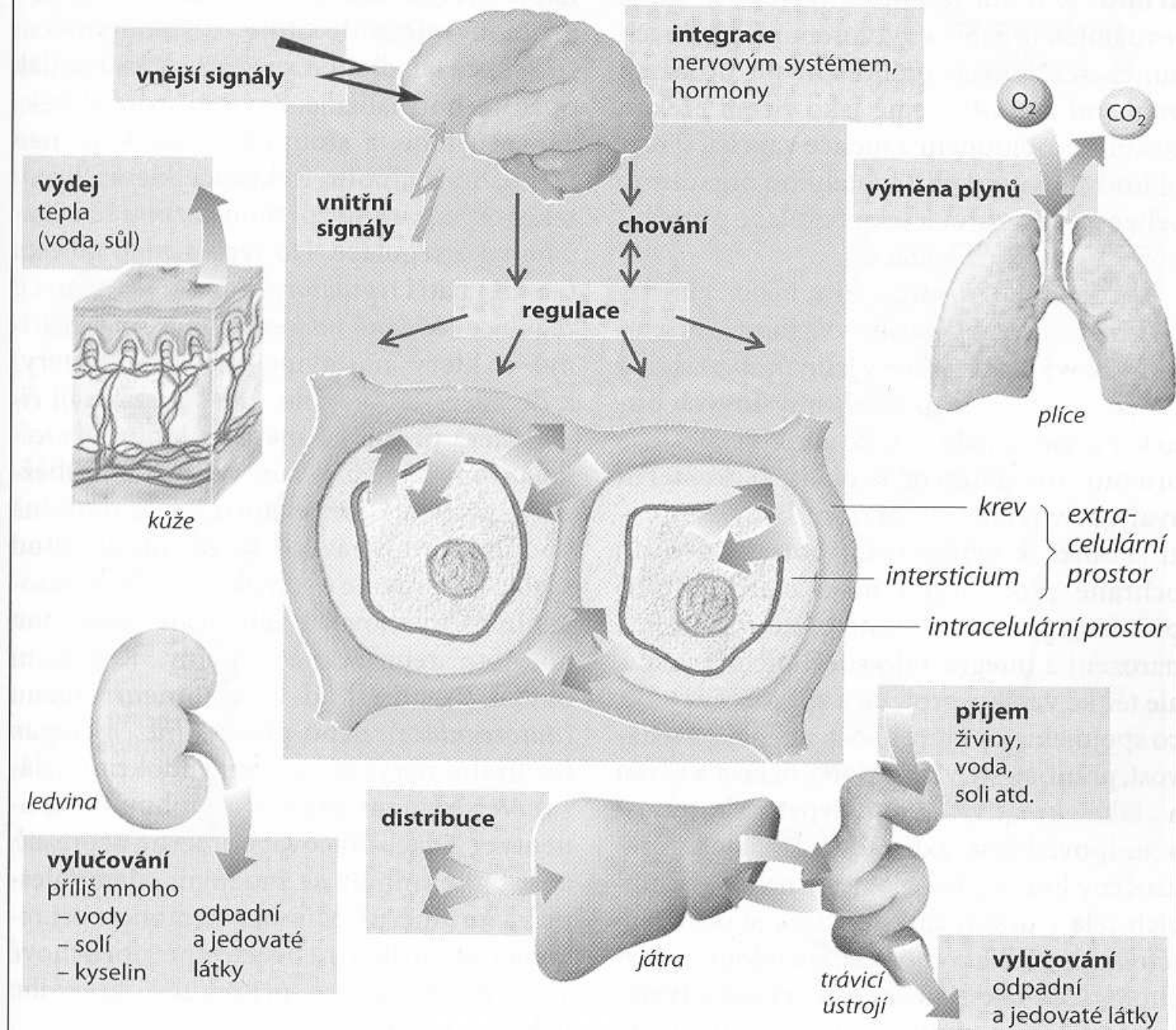
- jedna ze základních vlastností živých organizmů je zachování stálých podmínek ve vnitřním prostředí při nejrůznějších metabolických nárocích, a to i při měnících se podmínkách okolí
- každá déletrvající odchylka některé základní fyziologické nebo biochemické veličiny od střední hodnoty nebo rozmezí hodnot znamená porušení homeostázy, tedy nefyziologický stav, který může být příznakem chorobného stavu

Hodnoty vnitřního prostředí: koncentrace některých iontů (Na^+ , K^+ , Cl^- , Ca^{2+}), pH, obsah vody, tělesná teplota, koncentrace glukózy, obsah O_2 a CO_2

ACIDOBAZICKÁ ROVNOVÁHA

- popisuje vztahy a závislosti ovlivňující reakci tělesných tekutin

B. Udržování „vnitřního“ prostředí u člověka



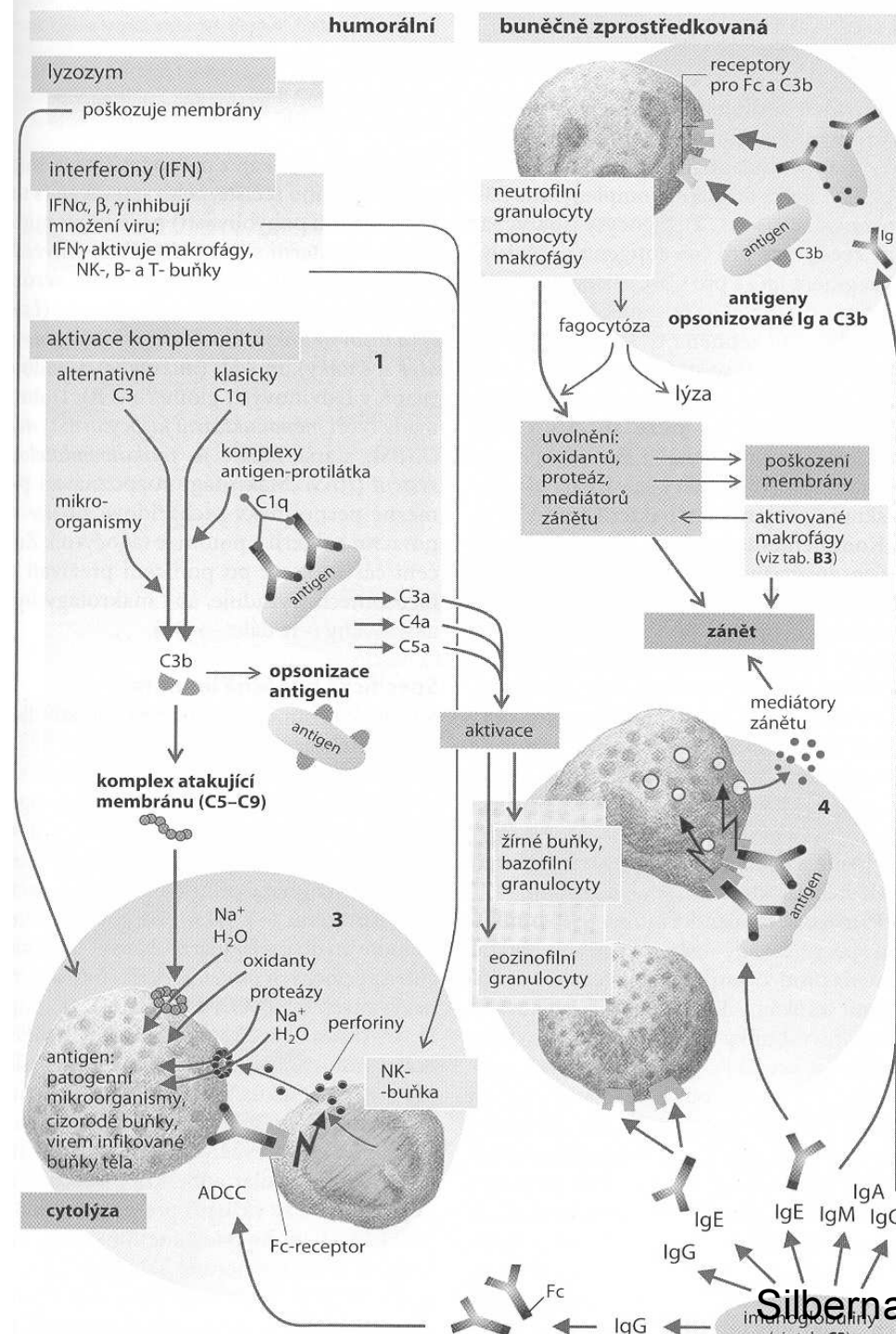
IMUNITNÍ SYSTÉM

- patří společně s nervovým a endokrinním systémem k základnímu řídicímu systému organismu
- úkolem imunitního systému je udržování integrity a homeostázy organismu v různých zátěžových situacích, především při infekci a jiných onemocněních (např. nádory)
- významnou roli hraje při stárnutí
- nejdůležitější schopností organismu je rozeznávání vlastního od cizího, to znamená poznávání antigenu
- ANTIGEN je molekula rozeznávaná imunokompetentními buňkami (vyzrálými buňkami imunity); aby molekula byla poznána jako antigen musí být dostatečně velká a musí se lišit od molekul v těle
- antigenem jsou většinou proteiny
- organismus je schopný se proti mikroorganismům nesoucímu antigen bránit a používá k tomu různé prostředky (prostředky nespecifické imunity a specifické imunity)

NESPECIFICKÁ IMUNITA

- je vrozená
- antigen je vyhodnocen jako cizí, ale není blíže specifikován, a je zničen nebo vyloučen z organismu bez účasti specifických mechanismů
- prostředky nespecifické imunity chrání organismus před napadením cizorodým mikroorganizmem; na daný antigen ještě neexistují paměťové buňky, organismus ho zatím nemá „v záznamu“
- Mechanizmy nespecifické imunity: kožní a slizniční bariéry, fagocytóza, komplement, NK buňky, interferon a zánět

- A. Nespecifická imunita, posílená specifickými protilátkami -



KOŽNÍ A SLIZNIČNÍ BARIÉRY

- stavba nepoškozené kůže mechanicky brání prostupu cizorodých látek do tkání
- pot na povrchu kůže obsahuje mastné kyseliny a laktát, které ničí svým nízkým pH některé bakterie
- oční sliznice je chráněna *lyzozymem*, který je baktericidní
- v ústní dutině je ve slinách také *lyzozym* a navíc *hlen*, jenž nedovolí bakteriím přilnout na stěnu ústní dutiny
- žaludek tvoří *hlen*, který zabraňuje přilnutí a je v něm velice nízké pH
- v respiračním systému je cizorodý materiál obalen *hlenem*, řasinkami odsunut na povrch a vykašlán nebo vysmrkán

FAGOCYTÓZA

- je děj, při němž je cizorodý materiál pohlcován specializovanými buňkami: mikrofágy a makrofágy

FÁZE FAGOCYTÓZY

MIGRACE - PŘESUN



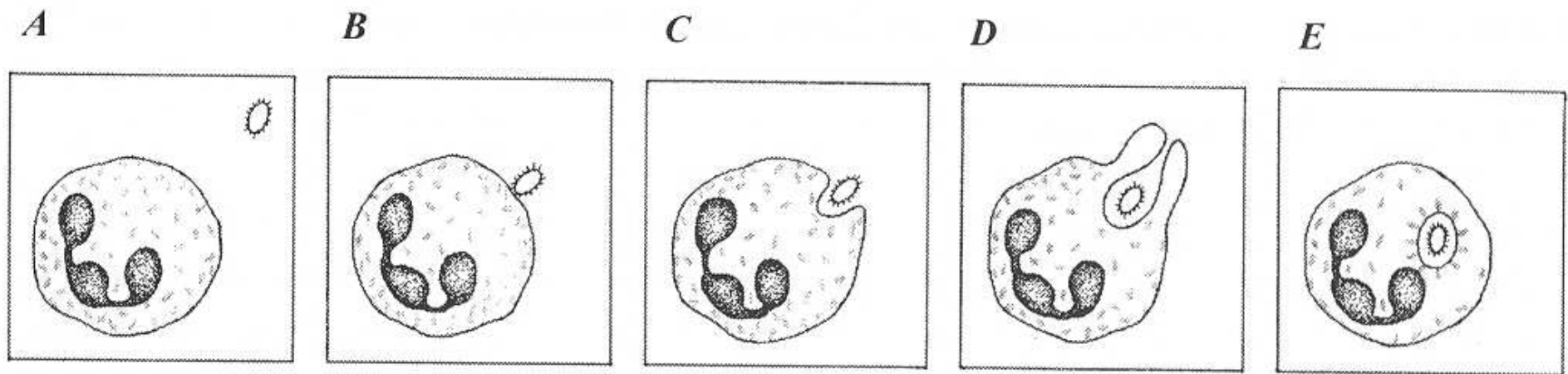
ADHEZE - PŘILNUTÍ



INGESCE - POHLCENÍ



DEGRADACE - ZNIČENÍ



Obr. 8.1 Fagocytóza. Buňka schopná fagocytózy (mikrofág nebo makrofág) se pohybuje směrem k částici (A – migrace), která má být fagocytována. Přilne k ní (B – adheze) a začne vchlipovat svůj povrch (C, D – ingesce). Výběžky fagocytující buňky se spojí a vytvoří tak dutinu obsahující fagocytovanou částici – fagozom (E). Fagozom se poté spojí s lyzozomem, který je buněčnou organelou a obsahuje látky schopné degradovat fagocytovaný materiál. Vznikne fagolyzozom, v němž se fagocytovaná částice rozloží (destrukce).

KOMPLEMENT

- je soubor 20 bílkovin v inaktivní podobě v plazmě; tyto bílkoviny se při zánětu dostanou s plazmou do tkáně, kde pak mohou být aktivovány

NK BUŇKY = natural killer cells

- skupina buněk, schopná bez předchozího setkání s antigenem zničit antigenně odlišné buňky
- jejich hlavní funkcí je ochrana organismu před „zakázanými klony“ vlastních buněk

INTERFERON

- je látka, která vzniká v buňce jako reakce na napadení (většinou virem)
- naváže se na membránu napadené buňky a stimuluje vznik proteinů, které obsadí ribozomy a nedovolí replikaci virové RNA

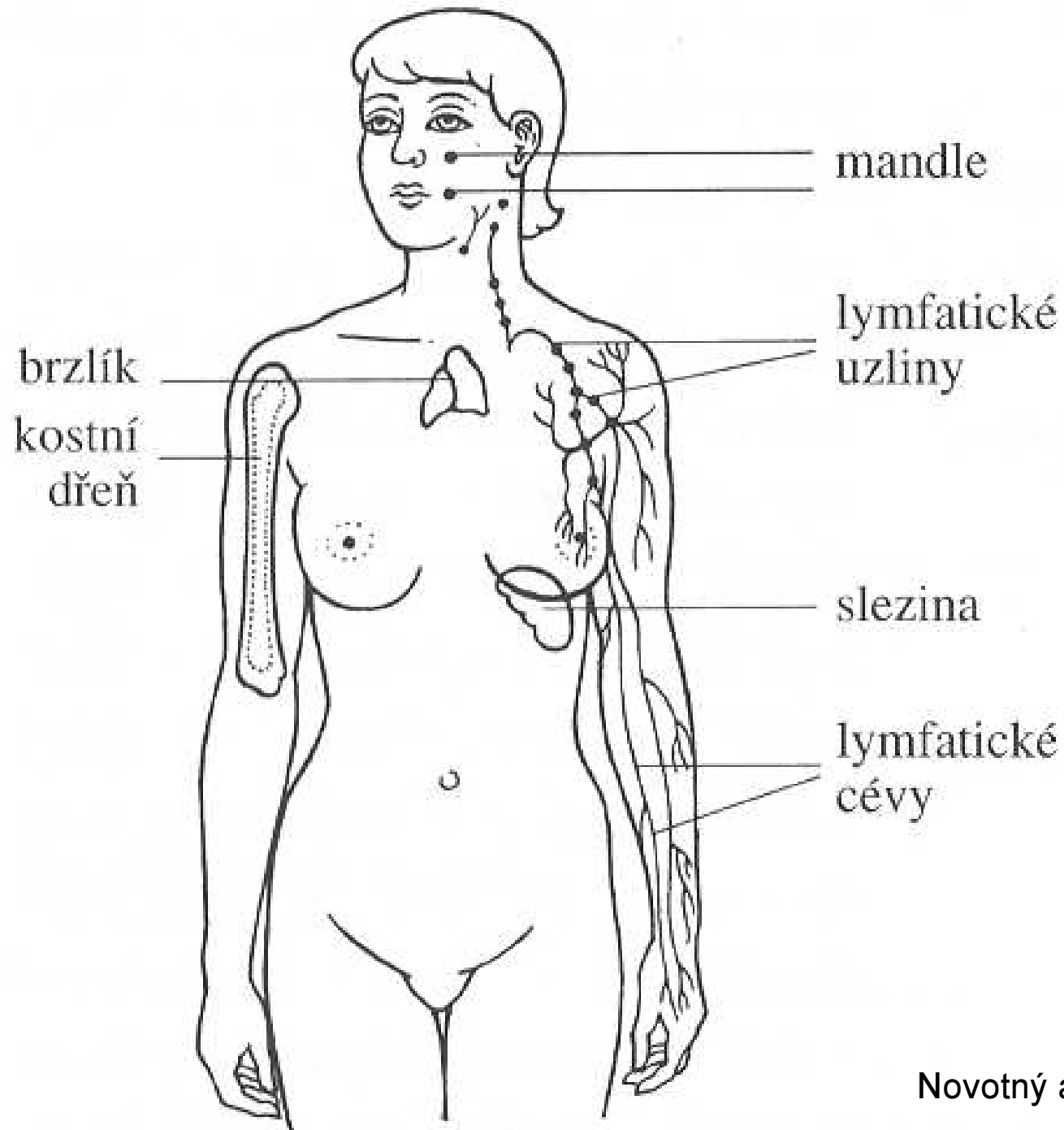
ZÁNĚT

- je obranná reakce, na které se podílejí nespecifické složky imunity
- vzniká po vniknutí cizorodého materiálu do tkáně, po poškození traumatem, teplotou nebo chemickou látkou
- je to sled cévních, humorálních a buněčných patofyziologických změn majících za úkol nedovolit šíření infekčního materiálu v organismu a postupně ho zničit
- jde o komplexní reakci, které se účastní různé buňky (makrofágy, mikrofágy) a mediátory zánětu (histamin, serotonin)

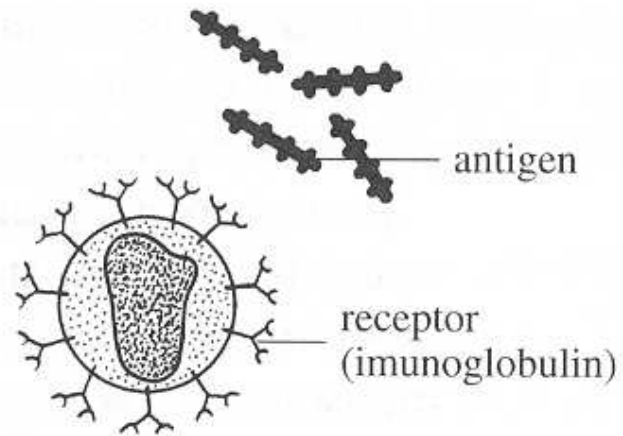
SPECIFICKÁ IMUNITA

- je získaná během života při neustálém setkávání s antigeny
- je extrémně účinná, používá specifické prostředky (např. protilátku vyvinutou proti konkrétnímu antigenu)
- při prvním setkání s antigenem se organizmus imunizuje – vytváří se paměťové buňky proti danému antigenu a při novém setkání s tímto antigenem vyburcují tyto buňky specifickou imunitu tak, že velice rychle a účinně zabrání novému vzniku onemocnění
- získaná imunita je funkcí lymfocytů
- má dvě podoby: humorální a buněčnou

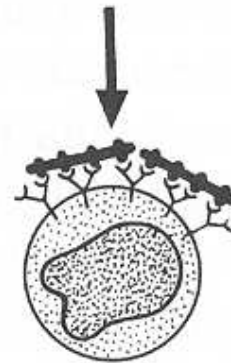
HLAVNÍ SLOŽKY SPECIFICKÉHO IMUNITNÍHO SYSTÉMU



B-lymfocyt



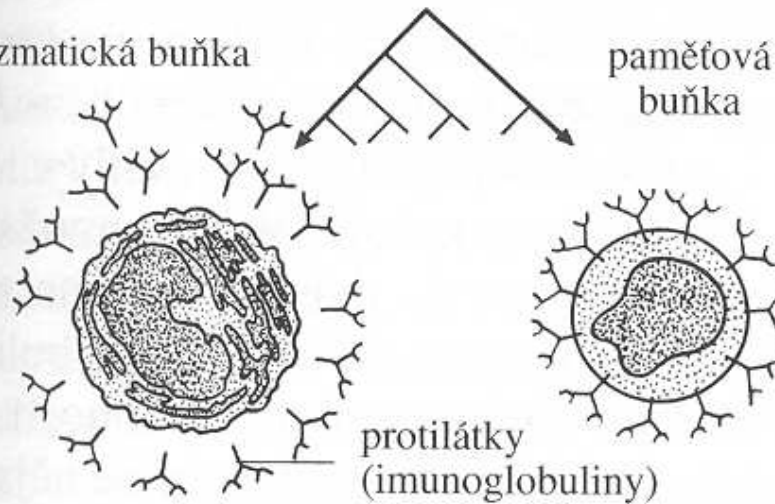
stimulovaný
B-lymfocyt



proliferace

plazmatická buňka

paměťová
buňka



HUMORÁLNÍ IMUNITA

- je zprostředkovaná protilátkami, které jsou uvolňovány z aktivovaných B-lymfocytů
- B-lymfocyty vznikají v kostní dřeni, po aktivaci antigenem se přeměňují na plazmatickou buňku neboli *plazmocyt*
- plazmocyt je imunokompetentní buňka schopná vytvářet protilátky

PROTILÁTKY

- jsou bílkoviny typu imunoglobulinů, skládající se z těžkých (vždy stejných) a lehkých řetězců
- působí dvěma rozličnými mechanismy:
 - přímým účinkem na infekční agens
 - aktivací komplexů
- Typy protilátek: IgG, IgM, IgA, IgD a IgE

BUNĚČNÁ IMUNITA

- je zprostředkovaná T-lymfocyty
- T-lymfocyty vznikají v kostní dřeni, pak cestují do kůry a dřeně thymu, kde vyžívají
- mají různé funkční vlastnosti

CYTOTOXICKÉ BUŇKY

- jsou útočné, schopné přilnout na buňku s cizími antigeny, porušit její membránu a vpustit do ní cytolytické produkty, které ji zničí
- význam mají hlavně při destrukci virem napadených buněk, rakovinných buněk

POMOCNÉ BUŇKY

SUPRESPORICKÉ BUŇKY

ŘÍZENÍ IMUNITY

- imunita působí jako jeden celek a je i jako celek řízena:

GENETICKÝMI VLIVY

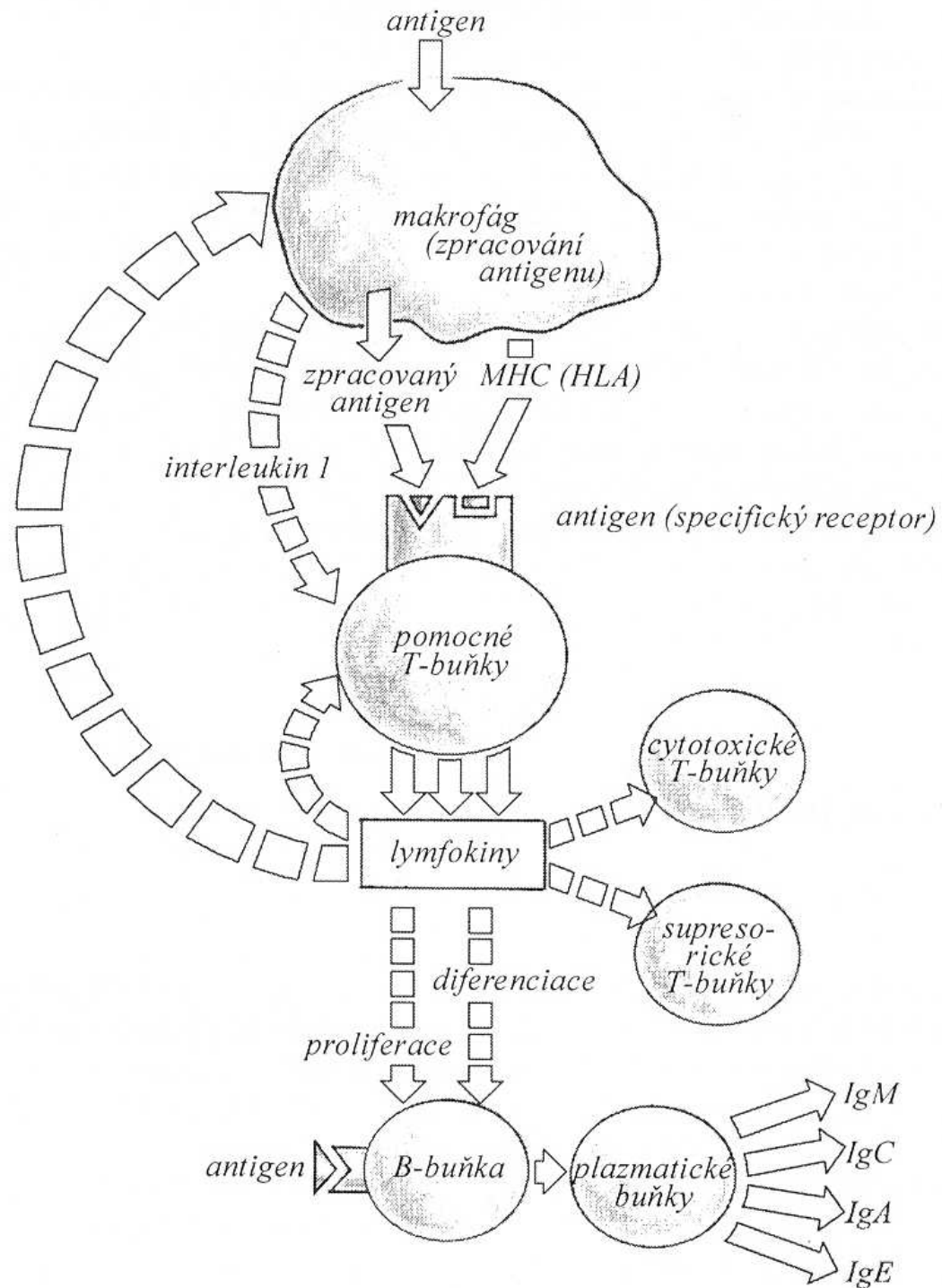
ZPĚTNOU VAZBOU MEZI JEDNOTLIVÝMI SLOŽKAMI

REGULACÍ NA ÚROVNI METABOLICKÝCH PROCESŮ

- např. zvýšení teploty-horečka zvyšuje tvorbu protilátek a zrychluje pohyb leukocytů

NEUROHORMONÁLNÍMI VLIVY

- imunitu snižují např. kortikoidy, stejně tak stres



VYUŽITÍ IMUNITY = IMUNIZACE

- organizmus se po setkání s antigenem nebo prodělanou nemocí stává proti danému patogenu odolnějším a příště se brání aktivněji a efektivněji
- zvyšování odolnosti organismu se může dít:
 - přirozenou cestou – proděláním nemoci → přirozená imunizace
 - uměle – očkováním → umělá imunizace
- očkování můžeme rozdělit podle typu látky, kterou podáváme:
 - pasivní imunizace – navozuje se podáním protilátek
 - aktivní imunizace – provádí se podáním antigenního materiálu (mrtvé nebo oslabené viry, bakterie či toxiny), který stimuluje vlastní imunitu pacienta; vznikají paměťové buňky a dlouhodobá imunita

PORUCHY IMUNITY

ALERGIE

- je přehnaná, neúměrná reakce imunitního systému na běžný zevní podnět

AIDS

- syndrom získané imunodeficiency
- infekční onemocnění imunitního systému
- je způsobeno retrovirem HIV, který selektivně napadá a ničí buňky imunitního systému

AUTOIMUNITNÍ ONEMOCNĚNÍ

- onemocnění při kterých je poškozena schopnost imunitního systému rozeznávat vlastní buňky od cizích