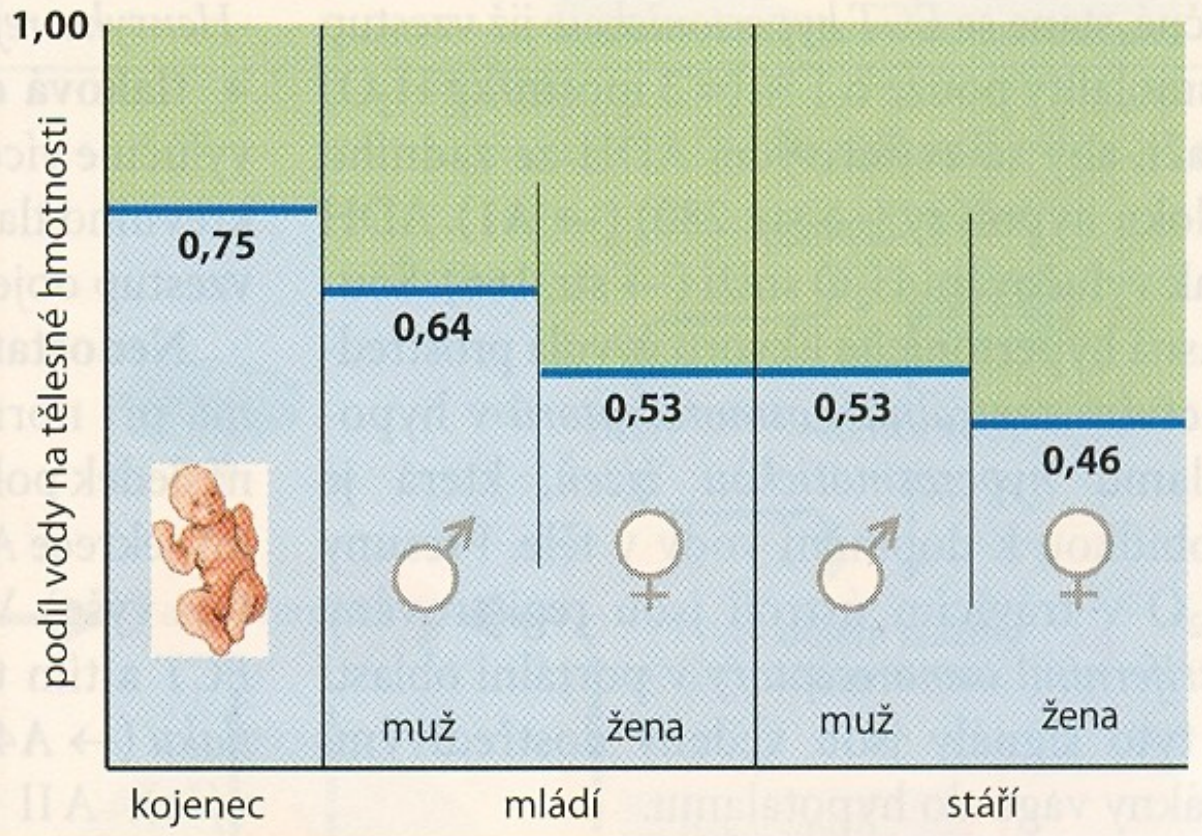
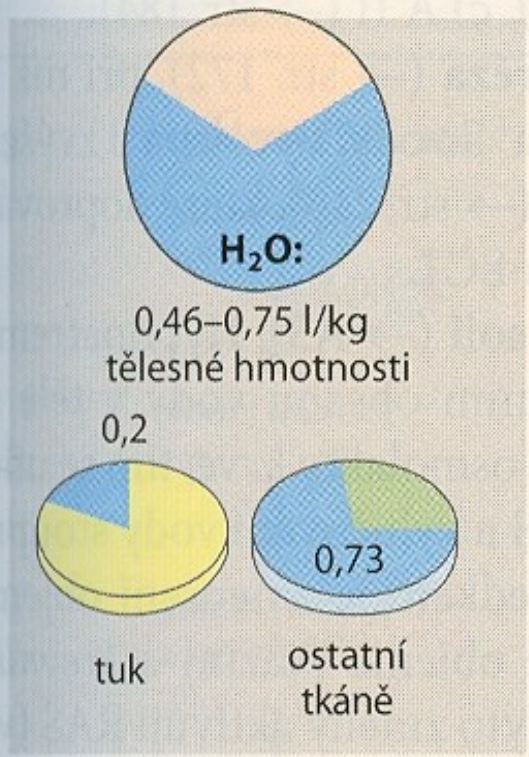


Tělní tekutiny a vylučovací systém

Funkce vody v těle

- ▶ Transportní prostředí pro živiny, elektrolyty, hormony, krevní plyny, odpadní látky a elektrický proud
- ▶ Slouží jako rozpouštědlo a vhodné prostředí pro chemické reakce probíhající v organismu
- ▶ Zvlhčuje a chrání sliznici a udržuje pružnost a odolnost kůže

B. Obsah vody v těle



Obsah vody v různých tkáních

	% VODY
Krev	83 %
Svaly	76 %
Kůže	72 %
Kosti	22 %
Tuky	10 %
Zubní sklovina	2 %

Muž, 70 kg

Voda

```
graph TD; Voda[Voda] --> Intracelulární[Intracelulární tekutina]; Voda --> Extracelulární[Extracelulární tekutina];
```

Intracelulární tekutina

40 % tělesné hmotnosti

60 % tělesné vody

30 l

Extracelulární tekutina

20 % tělesné hmotnosti

40 % tělesné vody

15 l

Extracelulární tekutina



```
graph TD; A[Extracelulární tekutina] --> B[Intravaskulární tekutina]; A --> C[Intersticiální tekutina]; B --> B1[Krevní plazma]; C --> C1[Tkáňový mok]; C --> C2[Lymfa]; D[Transcelulární tekutina] --> D1[Mozkomíšní mok]; D --> D2[Nitrooční tekutina]; D --> D3[Pleurální tekutina]; D --> D4[Peritoneální tekutina]; D --> D5[Perikardiální tekutina]; D --> D6[Nitrokloubní tekutina]; D --> D7[Sekrety trávicích žláz];
```

Intravaskulární tekutina

Krevní plazma

Intersticiální tekutina

Tkáňový mok

Lymfa

Transcelulární
tekutina

Mozkomíšní mok

Nitrooční tekutina

Pleurální tekutina

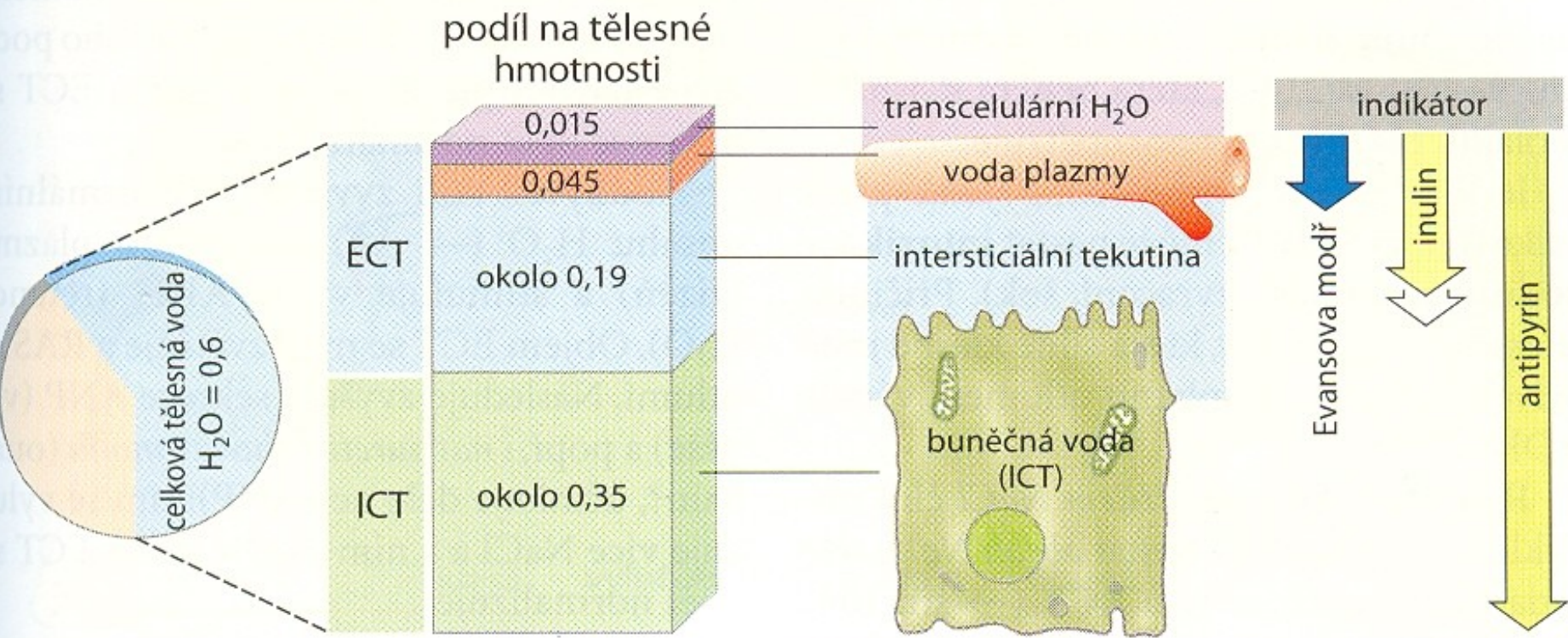
Peritoneální tekutina

Perikardiální tekutina

Nitrokloubní tekutina

Sekrety trávicích žláz

C. Kompartmenty (prostory) tělesných tekutin



Složení tělních tekutin

Organické látky

Močovina

Glukóza

Aminokyseliny

Plazmatické bílkoviny

Anorganické látky

Elektrolyty

Extracelulární tekutina

- ▶ Omývá buňky
- ▶ Přináší buňkám rozpuštěné veškeré živiny a kyslík
- ▶ Odplavuje odpadní látky → podílí se na udržování homeostázy

Intracelulární tekutina

- ▶ Uvnitř buňky

Příjem a výdej vody

Příjem

Pití

1–1,5 l/den

Strava

1 l/den

Oxidační pochody

0,3 l/den

Výdej

Moč

1,5 l/den

Pocení

0,6–0,8 l/den

0–2 l/hod.

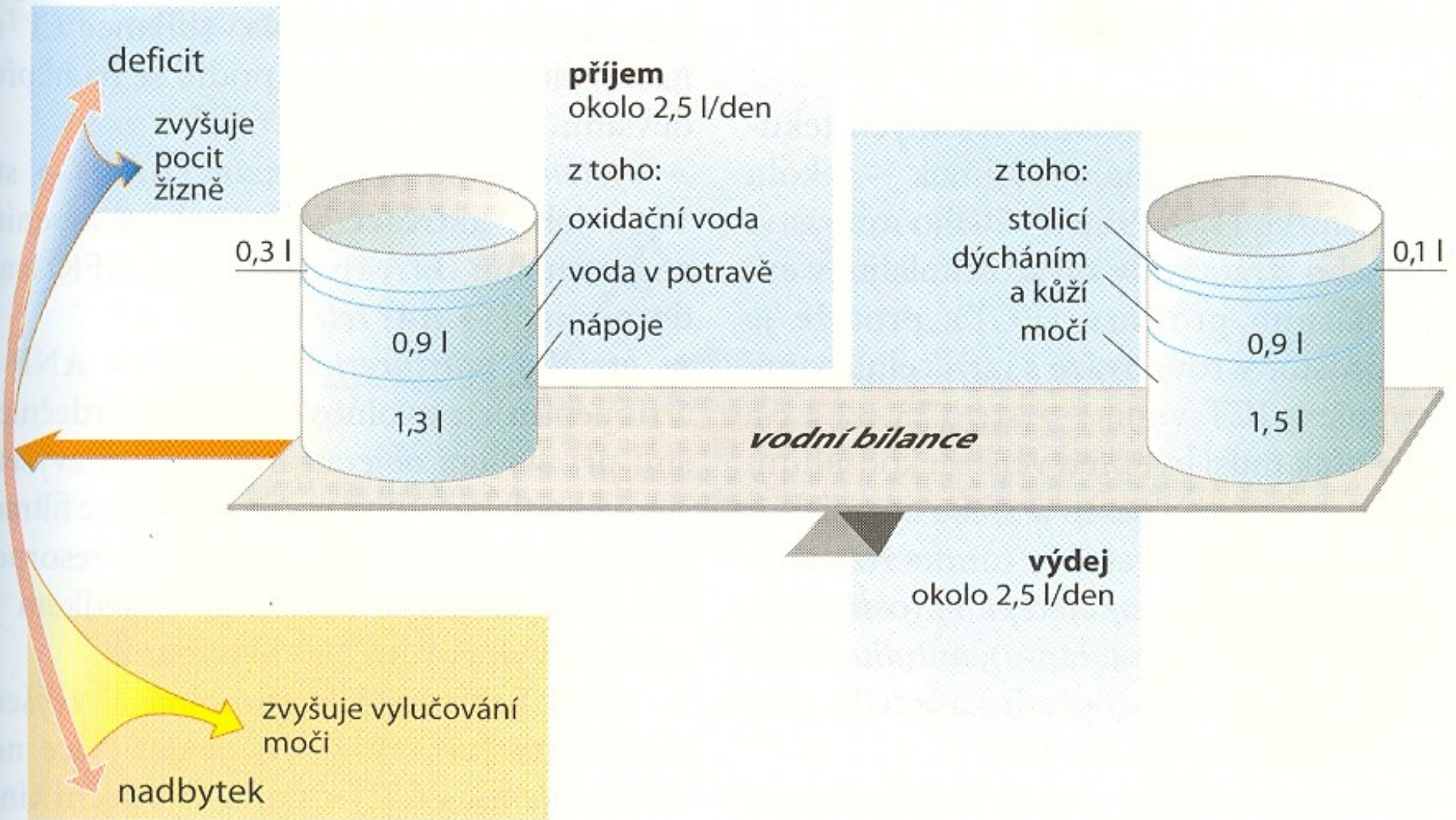
Dýchání

0,2 l/den

Stolice

0,1 l/den

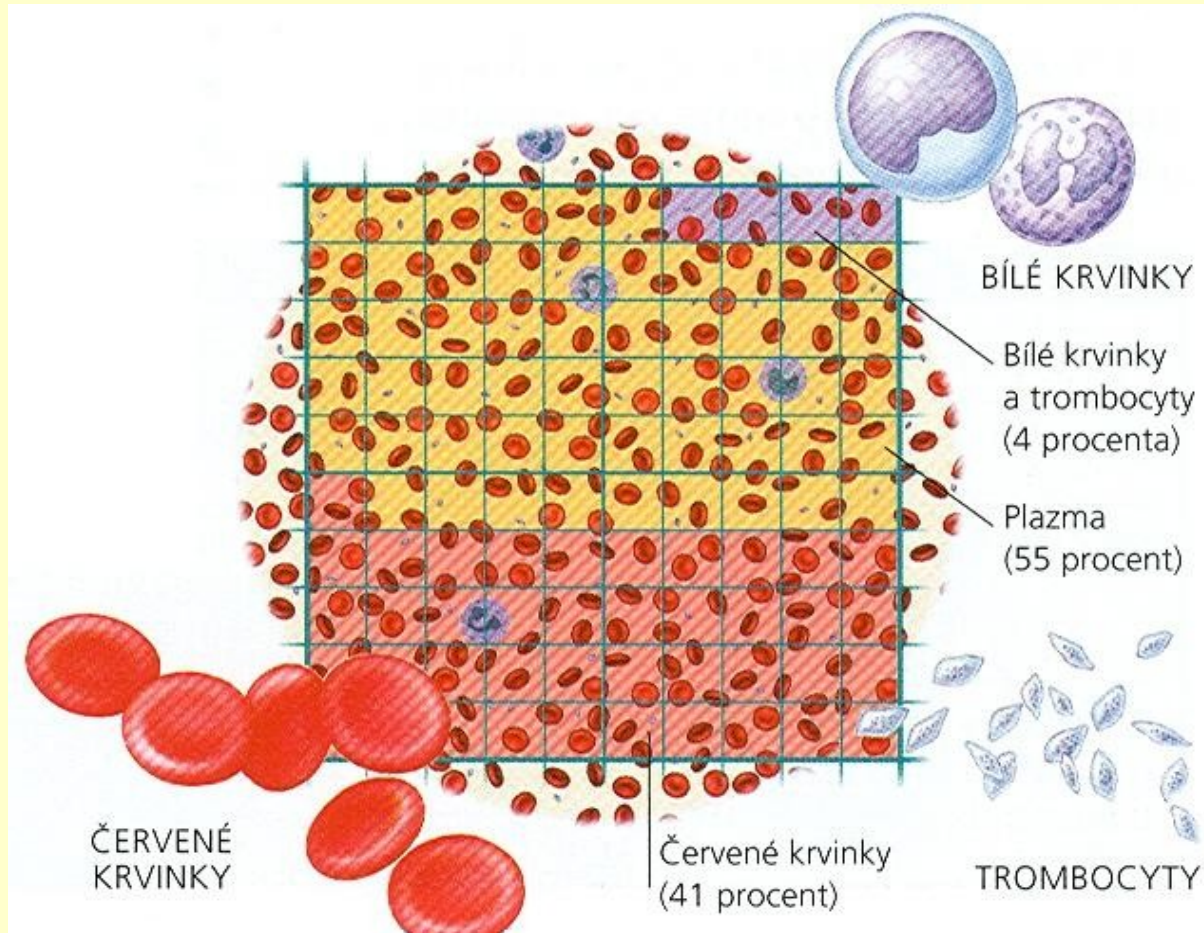
A. Vodní bilance u člověka



Krev

Celkový objem (l)	% z celkové hmotnosti
4,5–6	6–8

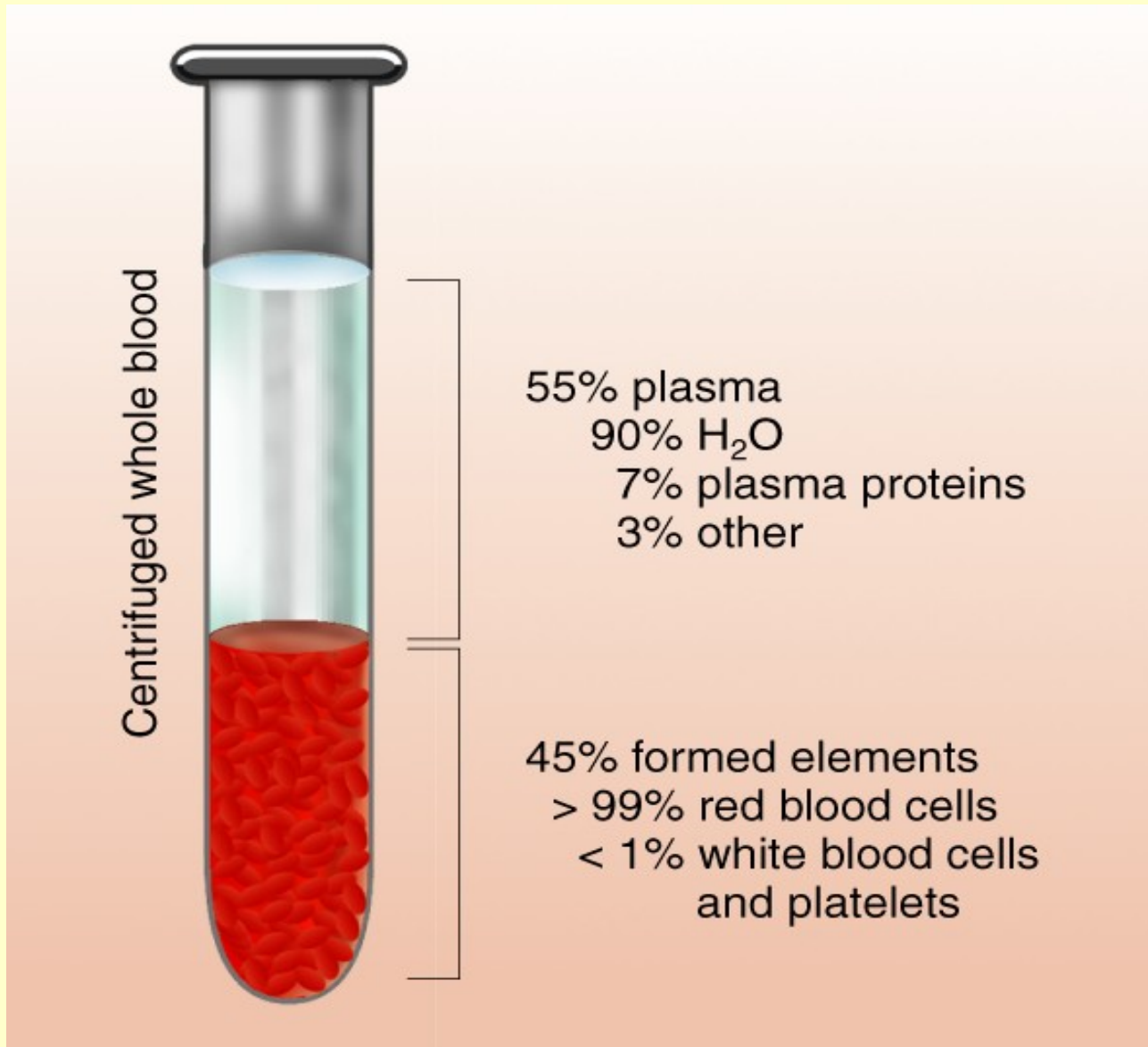
- Krevní plazma
- Krevní elementy
 - Červené krvinky
 - Bílé krvinky
 - Krevní destičky



Funkce krve

- ▶ **Transportní** – přenos látek do celého těla a mezi orgány (O_2 , CO_2 , živiny, metabolity, hormony, vitamíny)
- ▶ **Přenos tepla**
- ▶ **Homeostatická** – reguluje acidobazickou rovnováhu a prostřednictvím cévních receptorů ovlivňuje činnost dalších homeostatických mechanismů (zachování stálého objemu, stálé koncentrace iontů a stálého osmotického tlaku)
- ▶ **Imunitní** – zprostředkována bílými krvinkami a plazmou
- ▶ **Obranná** – hemokoagulace – zamezuje šíření škodlivin vyvolávající záněty

Složení krve



Krevní elementy a hematokrit

Krevní elementy

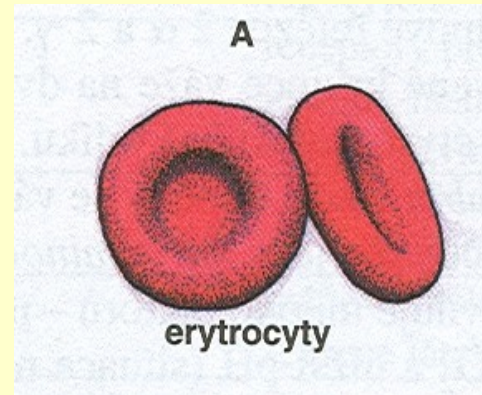
- **Bílé krvinky** (leukocyty) – chrání organismus před patogenními částicemi (viry, bakterie...), zajišťují imunitu
- **Červené krviny** (erytrocyty) – za pomoci hemoglobinu zajišťují přenos kyslíku do tkání
- **Krevní destičky** (trombocyty) – jsou zodpovědné za srážení krve (koagulaci)

Hematokrit

- Poměr krevních elementů k celkovému objemu krve

Červené krvinky – erytrocyty

- $3,8-5,7 \times 10^{12}/l$
- Bezjaderné bikonkávní buňky
- Velikost: $8 \times 2 \mu m$



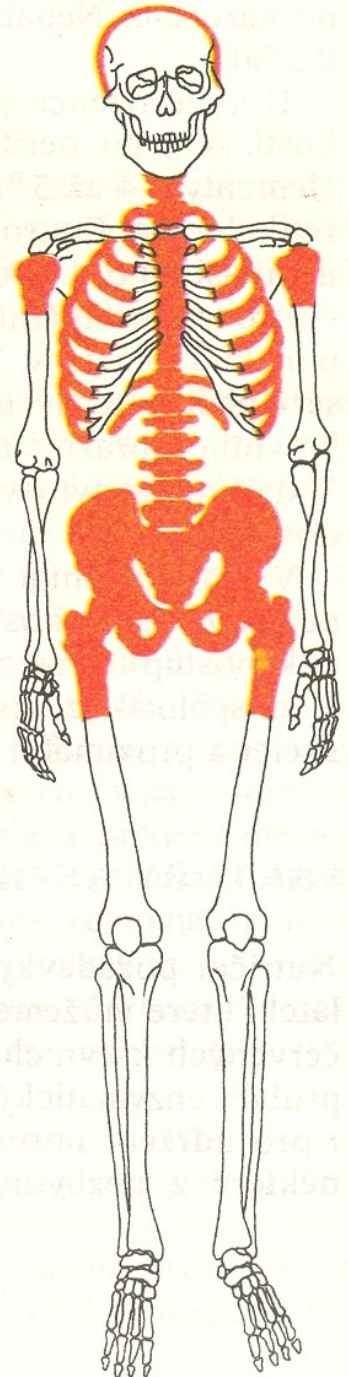
Funkce:

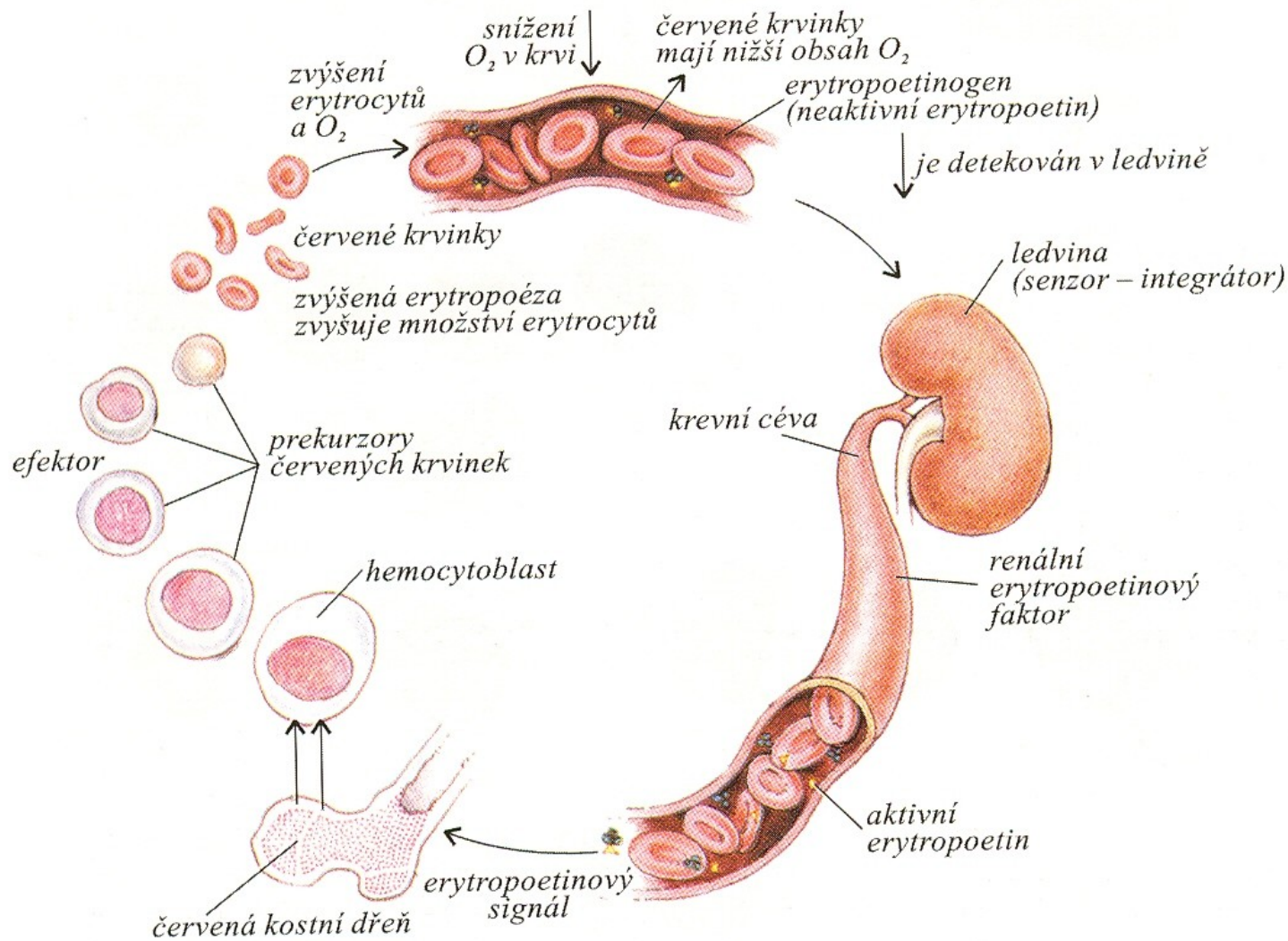
- Přenos kyslíku a oxidu uhličitého mezi plícemi a tkáněmi
- Podílejí se na udržování acidobazické rovnováhy v krvi
- Vznikají v krvetvorných tkáních a odumírají především ve slezině
- Přežívají 110–120 dnů
- Obsahují červené krevní barvivo hemoglobin (přenos krevních plynů)

Erytropoéza

= tvorba červených krvinek

- V dospělosti probíhá v červené kostní dřeni (obratle, žebra, ploché kosti)
- Z hematopoetických buněk se stálým dělením vytvářejí červené krvinky
- Erytropoéza je regulována **erytropoetinem**, jenž se tvoří především v ledvinách a asi z 10 % v játrech
- Pro erytropoézu je nezbytný dostatek železa

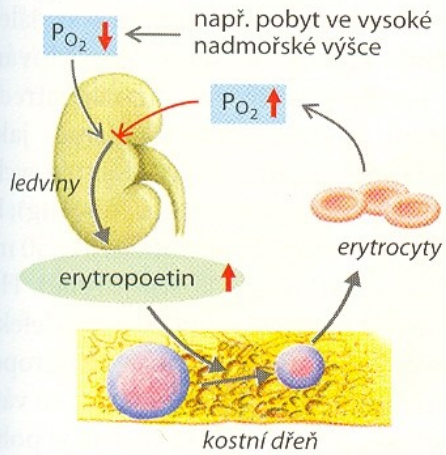




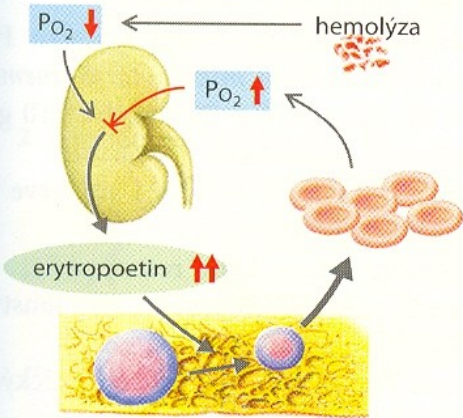
Obr. 6.4 Erytropoéza. Po snížení kyslíku v krvi uvolňují ledviny erytropoetický faktor. Ten přeměňuje inaktivní erytropoetin vznikající v játrech na aktivní erytropoetin, který stimuluje produkci erytrocytů v červené kostní dřeni. Tím se zvyšuje erytropoéza, zvyšuje se množství červených krvinek a krev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

A. Řízení počtu erytrocytů

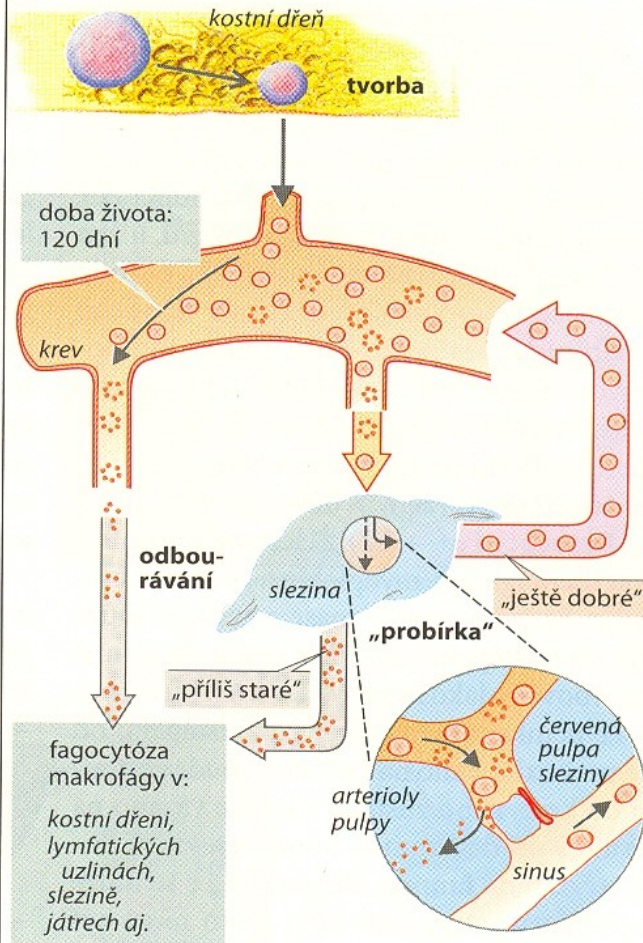
1 hypoxie



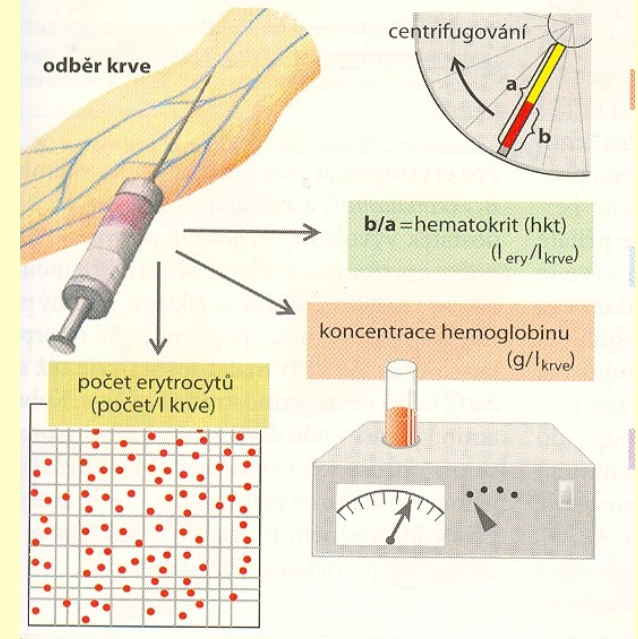
2 hemolýza



B. Doba života a zánik erytrocytů



C. Parametry červených krvinek: MCH, MCV a MCHC



Bílé krvinky – leukocyty

- $4-9 \times 10^9 / l$ krve
- 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
- Všechny leukocyty produkují cytokiny zvané interleukiny

Bílé krvinky – leukocyty

Granulocyty

Neutrofilní

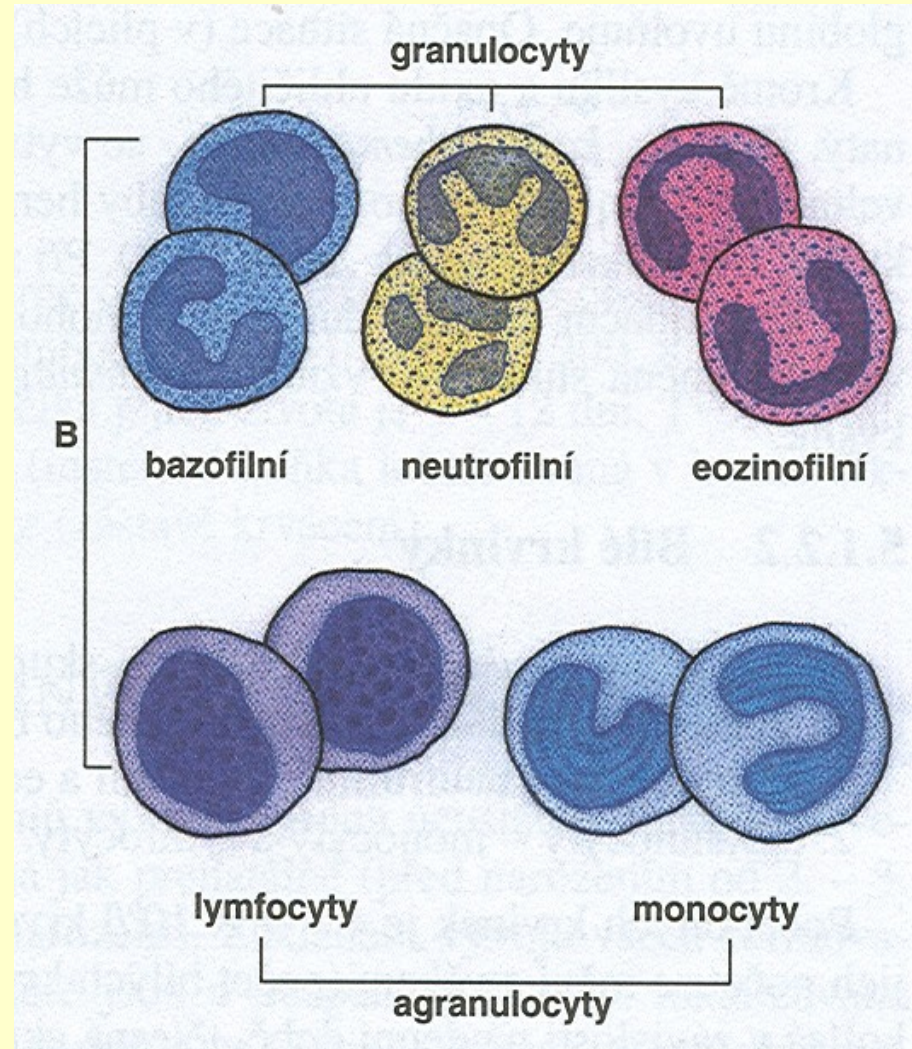
Eozinofilní

Bazofilní

Agranulocyty

Lymfocyty

Monocyty



Neutrofilní leukocyty

- Nespecifický obranný systém

Eozinofilní leukocyty

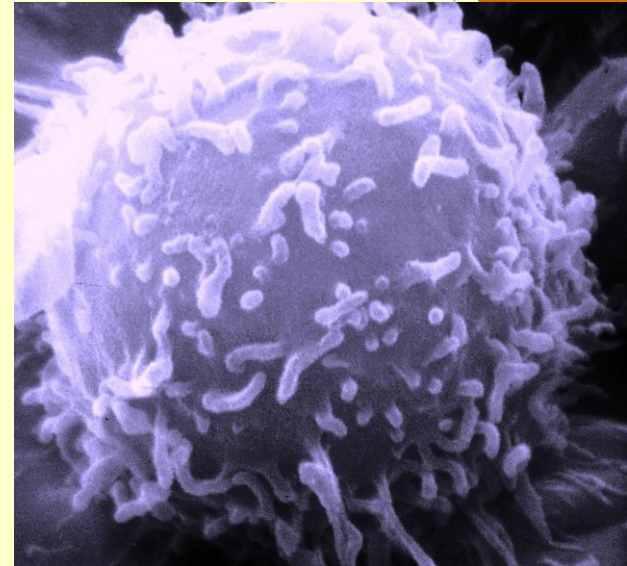
- Specifický obranný systém – účast při alergických, autoimunitních a parazitárních onemocněních a při rekonvalescenci

Bazofilní leukocyty

- Účastní se při alergických reakcích, při srážení krve a agregaci trombocytů
- Jejich granula obsahují heparin a histamin, které jsou významné při srážení krve a při zánětlivých reakcích

Lymfocyty

- Specifická imunita, výskyt v lymfatické tkáni
- T-lymfocyty (brzlík)
- B-lymfocyty (v kostní dřeni)



Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1243806>

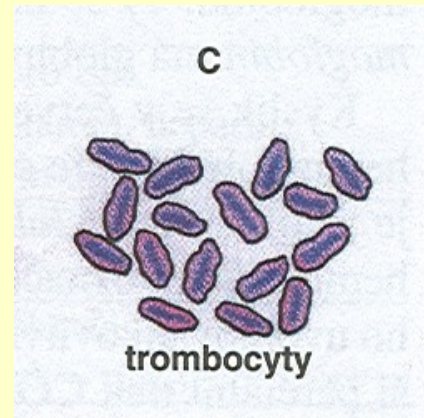
Monocyty

- Největší krvinky s velkou fagocytární kapacitou



Krevní destičky – trombocyty

- Počet: $150 - 400 \times 10^9/l$ krve
- Bezjaderné nebuněčné částice
- Velikost: $2-4 \times 0,5-1 \mu m$

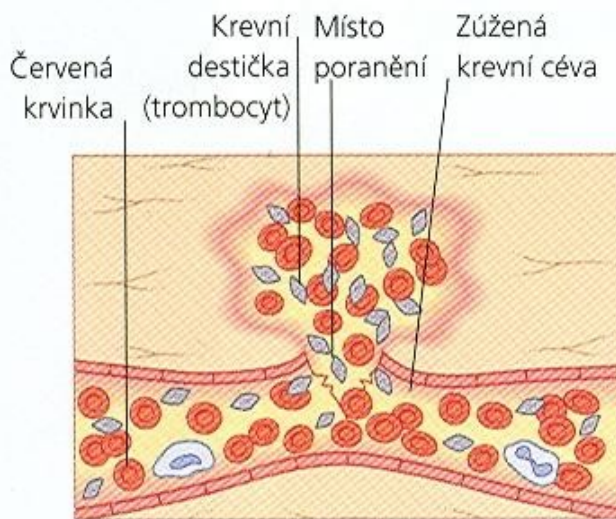


Funkce:

- Zástava krvácení
- Hrají roli při zánětlivých reakcích
- Jsou důležité pro zdravý růst cévního endotelu

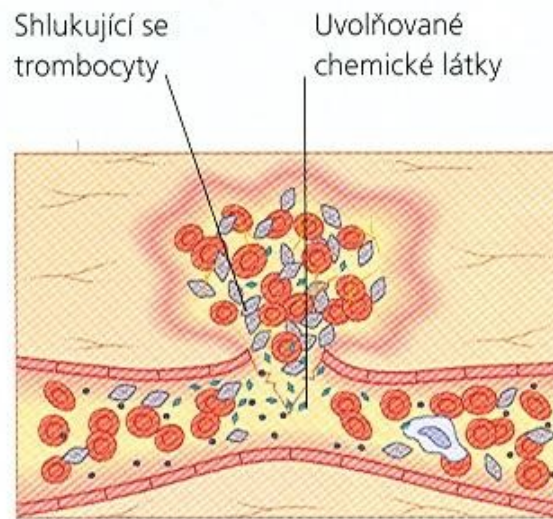
Hemostáza = zástava krvácení

- Na zástavě krvácení se podílí reakce cév a destičková hemokoagulace
- Při poranění se céva kontrahuje



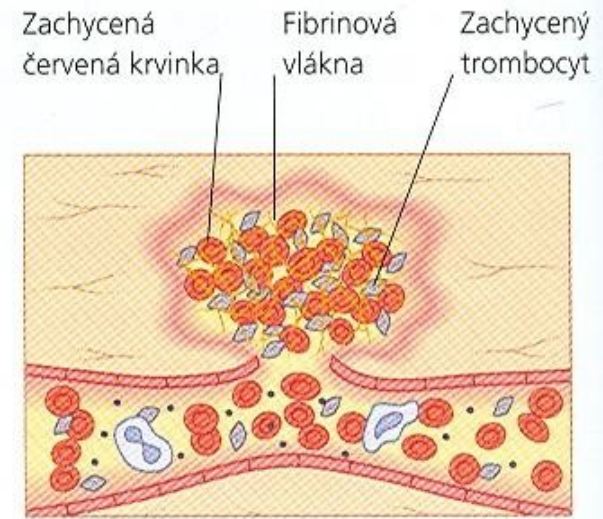
Aktivace krevních destiček

V prvním stadiu srážení se krevní destičky (trombocyty) dostávají do styku s poškozenou cévní stěnou. Stávají se lepkaými 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.

Viskozita krve

- \pm hustota krve
- Čím vyšší viskozita krve je, tím je pomalejší její proudění
- Vyšší hematokrit vede k vyšší viskozitě krve



Krevní plazma

Celkový objem (l)	% z celkové hmotnosti
3–3,5	5

Složení plazmy

Voda	90 %
Anorganické látky	10 %
Organické látky	

Anorganické látky v krevní plazmě

- Ionty
 - Jsou důležité pro její objem, osmotický tlak a pH

Organické látky v krevní plazmě

- Bílkoviny
- Glukóza
- Močovina

Bílkoviny krevní plazmy

Albuminy

- Vytvářejí onkotický tlak
- Přenašeči některých látek, např. hormonů





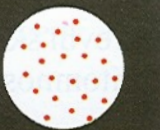
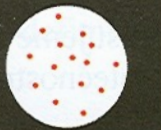




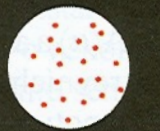


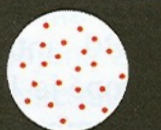


Globuliny α , β , a γ

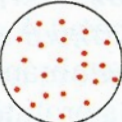

- Jsou významné pro obranu organismu, zvláště γ -globuliny (*imunoglobuliny*)
- Vážou na sebe některé enzymy, hormony
- α -globuliny vážou na sebe tuky, měď a volný hemoglobin
- β -globuliny mají význam pro transport železa a tuků, zejména cholesterolu

Fibrinogen

- Účastní se srážení krve plazmy

Krevní 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

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

Krevní skupiny – Rh-systém

- Druhý významný typ krevních skupin
- 85 % populace D-antigen → Rh-pozitivní (Rh⁺)
- 15 % populace bez D-antigenu → Rh-negativní (Rh⁻)

Parametry určované z krve

Glukóza	3,9-5,5mmol/l
Triacylglyceroly	< 1,7mmol/l
Cholesterol celkový	< 5,2mmol/l
HDL	> 1,1mmol/l
LDL	< 3,4mmol/l

Imunitní systém

- 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 imunitního systému je rozeznávání vlastního od cizího, to znamená poznávání antigenů

Antigen

- Molekula rozeznávaná imunokompetentními buňkami (vyzrálými imunitními buňkami); aby molekula byla poznána jako antigen musí být dostatečně velká a musí se lišit od vlastních molekul
- Antigeny jsou většinou proteiny
- Organismus je schopný se proti mikroorganismům nesoucím antigen bránit a používá k tomu různé prostředky (nespecifická a specifická imunita)

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, zánět atd.

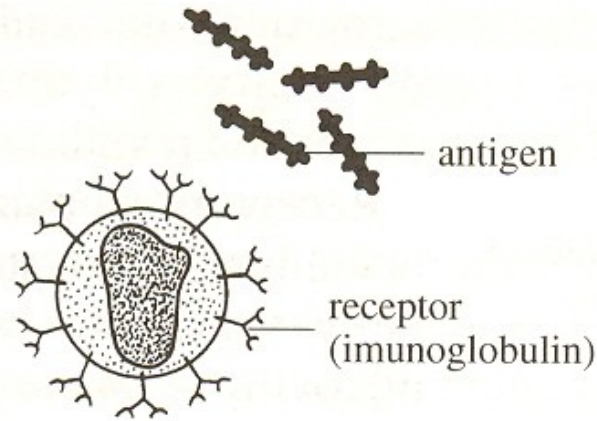
Kožní a slizniční bariéry

- 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 lysozymem, který je baktericidní
- V ústní dutině je ve slinách také lysozym 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

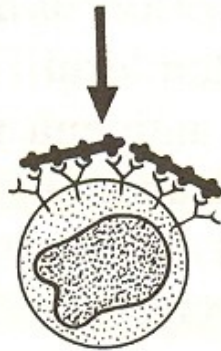
Specifická imunita

- 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 (B-lymfocyty) a buněčnou (T-lymfocyty)

B-lymfocyt



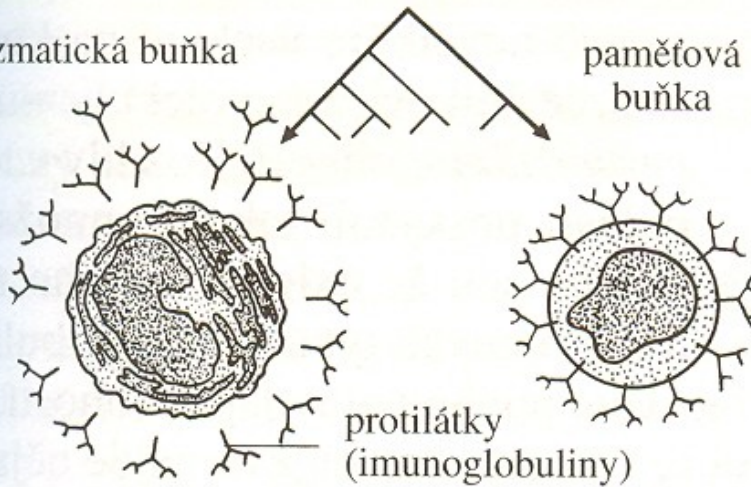
stimulovaný B-lymfocyt



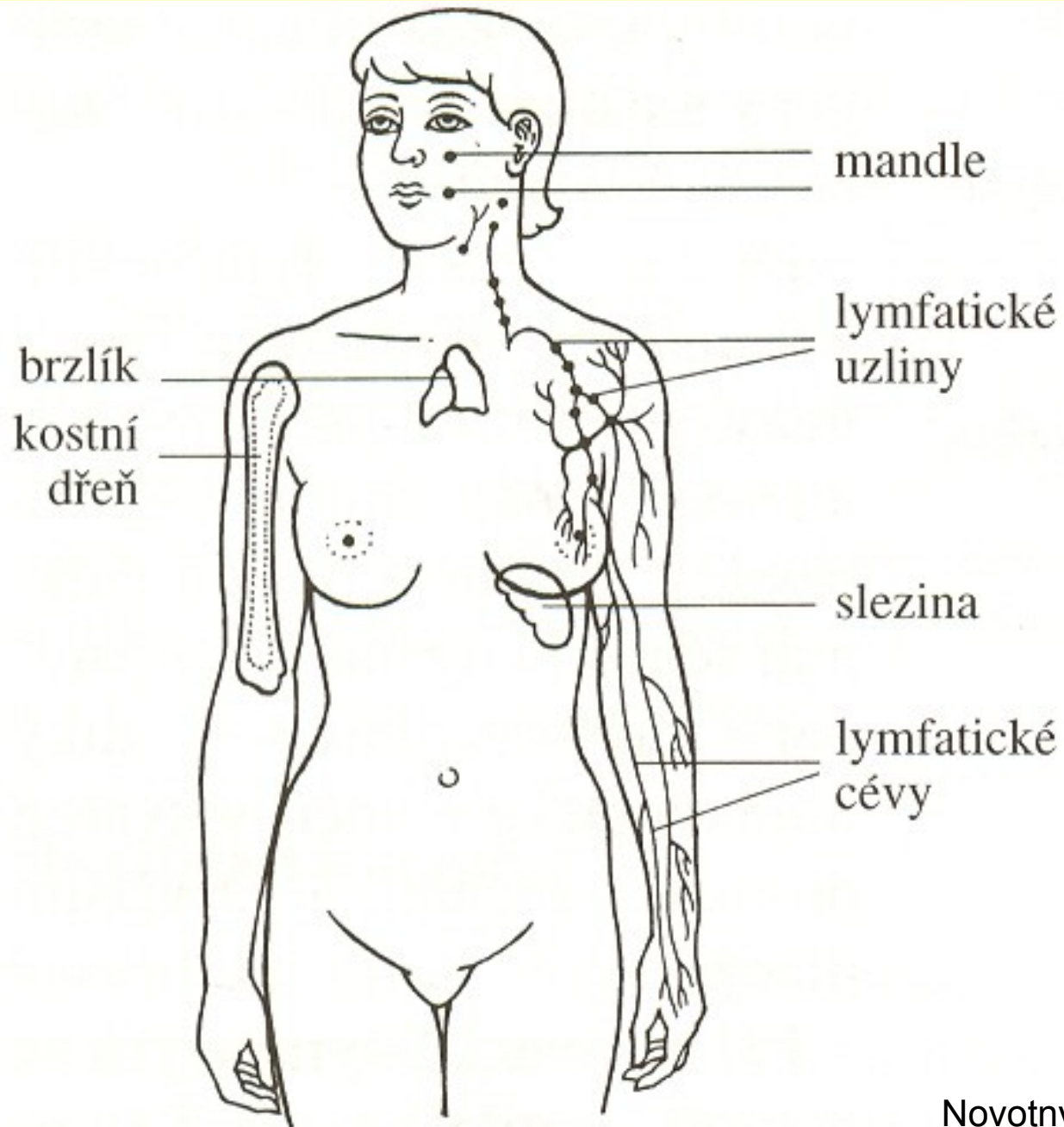
proliferace

plazmatická buňka

paměťová buňka



Hlavní složky specifického imunitního systému



Využití imunity = imunizace

- Organismus 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

Poruchy imunity

- **Alergie**

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

- **AIDS**

- Syndrom získané imunodeficiency, infekční onemocnění
- 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

Vylučovací systém

Muž

Ledvina (ren)

Ledvinná tepna
(a. renalis)

Ledvinná žíla
(v. renalis)

Močovod
(ureter)

Močový měchýř
(vesica urinaria)

Kost stydká
(os pubis)

Chámovod
(ductus deferens)

Močová trubice
(urethra)

Pyj
(penis)

Varle
(testis)

Žláza předstojná
(prostata)

Žena

Ledvina (ren)

Močovod (ureter)

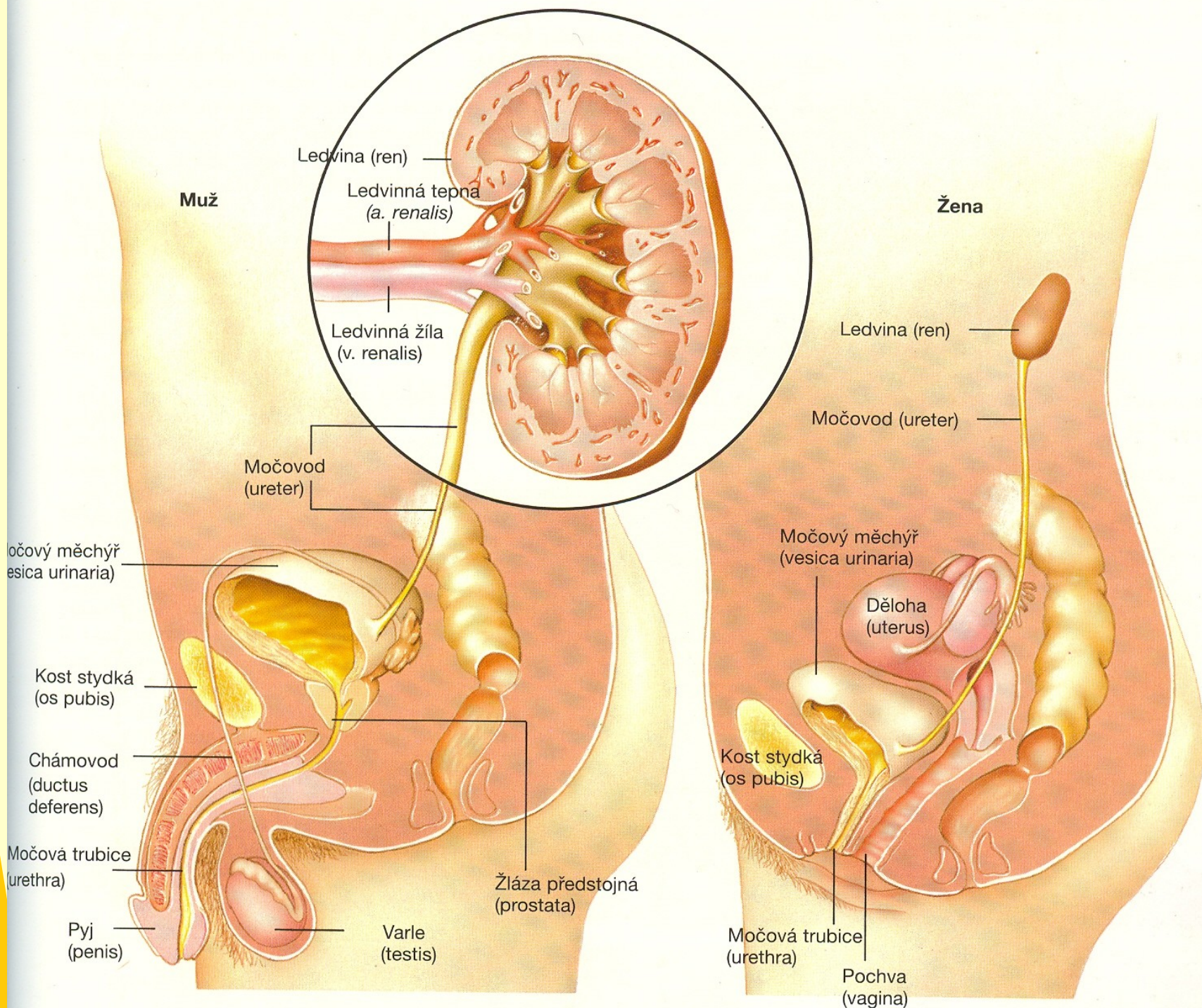
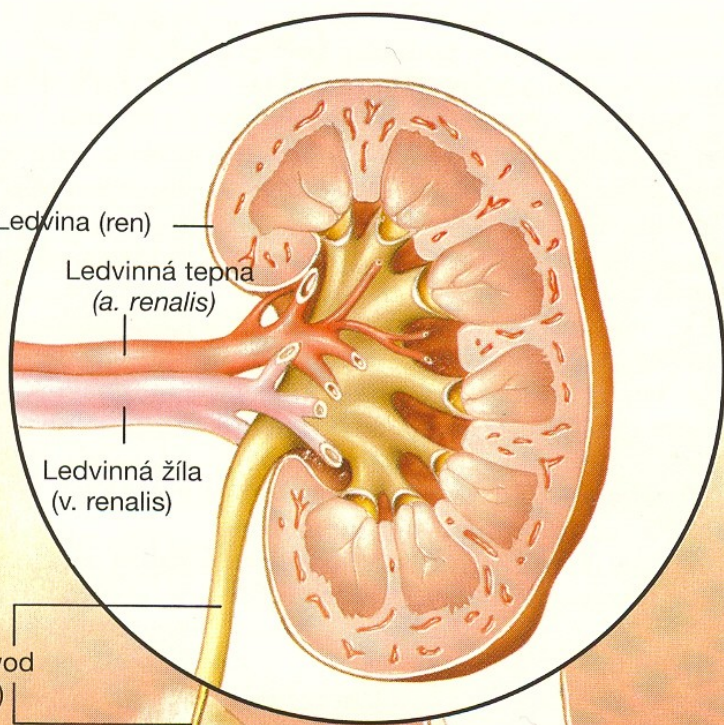
Močový měchýř
(vesica urinaria)

Děloha
(uterus)

Kost stydká
(os pubis)

Močová trubice
(urethra)

Pochva
(vagina)



Fyziologie ledvin

Struktura ledvin

Kůra

Glomeruly

Proximální tubulus

Distální tubulus

Dřeň

Henleova klička

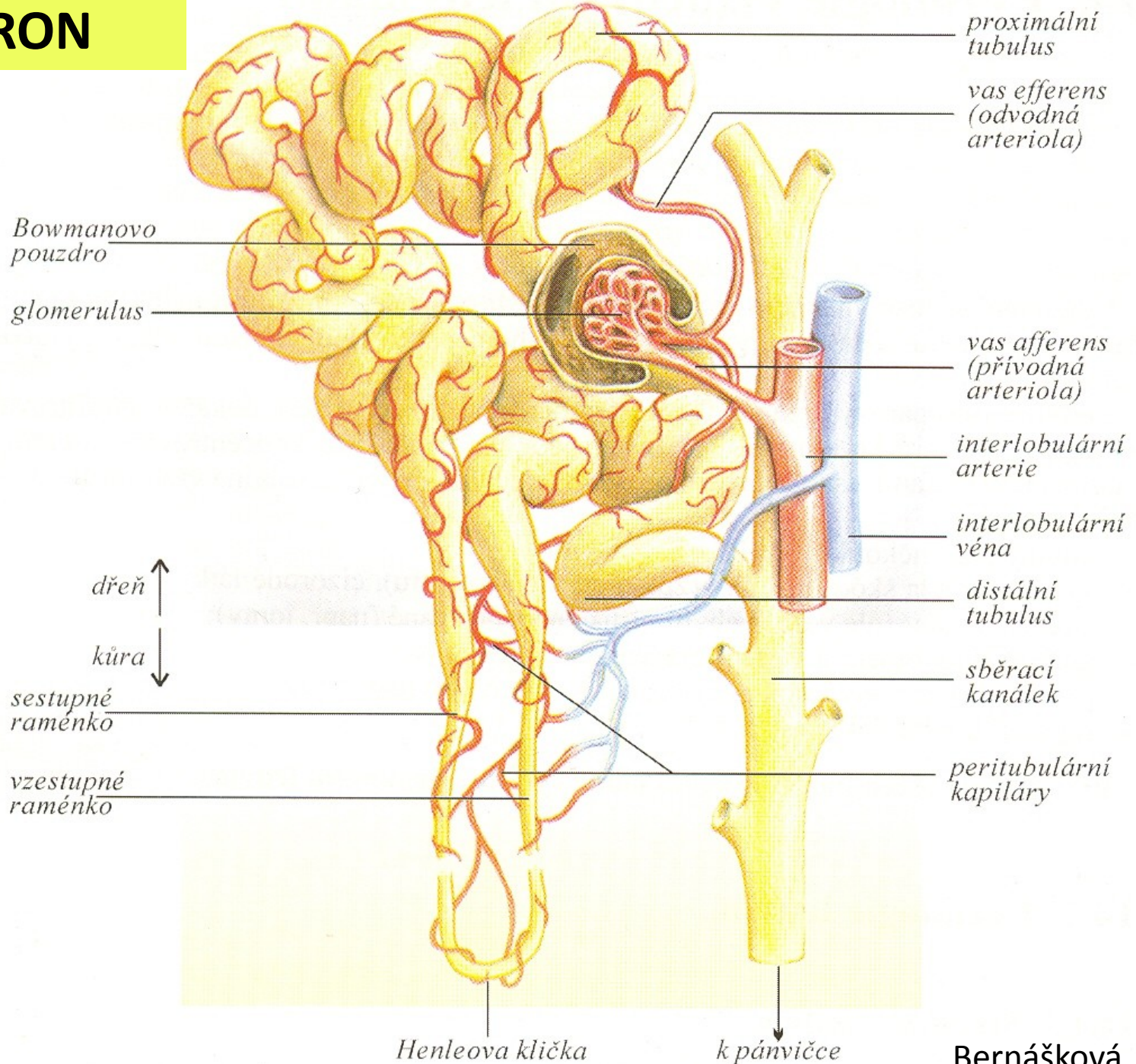
Sběrací kanálek

Ledvinová pánvička

Nefron

- Ledviny mají 2 miliony nefronů
- Každý je sám o sobě schopný vytvářet moč
- Denně se utvoří 170–180 l ultrafiltrátu (primární moči)
- Denně se utvoří 1,5 l definitivní moči

NEFRON

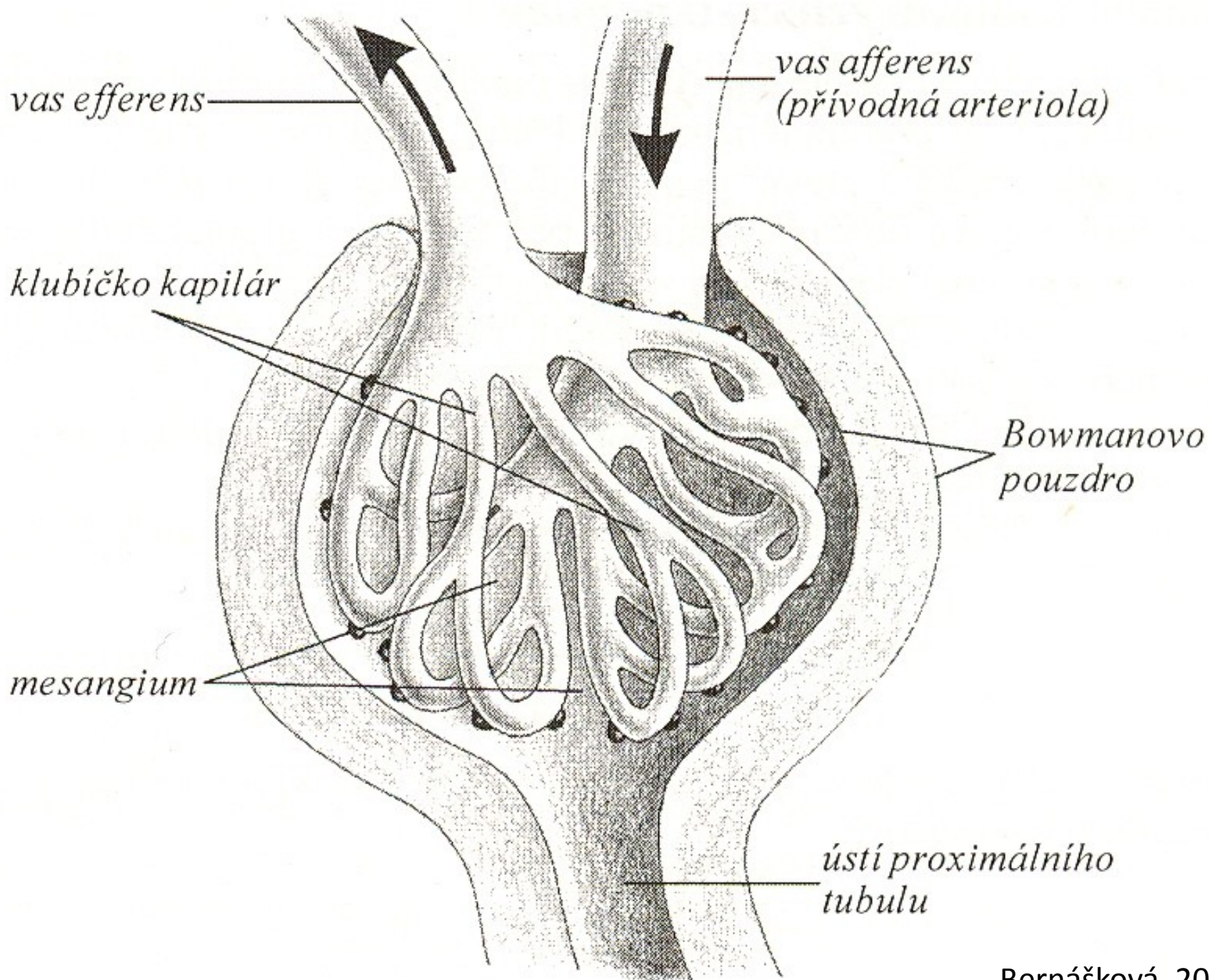


NEFRON

- **Glomerulus** je tvořen klubíčkem kapilár
- Je obalen **Bowmanovým pouzdrém**; mezi dvěma listy Bowmanova pouzdra se filtruje plazma a odtéká do volně navazujícího proximálního tubulu
- **Proximální tubulus** je tvořen jednovrstevným epitelem, odehrává se v něm hlavní část zpětného vstřebávání

NEFRON

- **Henleova klička** je tenká trubice, jež navazuje na proximální tubulus; ohýbá se směrem do dřeně a pak o 180° a mění se ve vzestupné raménko, plynule přecházející do distálního tubulu
- **Distální tubulus** pokračuje směrem k povrchu ledviny a pokračuje jako **sběrací kanálek**, který se znovu zanořuje do dřeně



Průtok krve ledvinami

- Každá ledvina je zásobena renální arterií přímo odstupující z aorty; před vstupem do ledvin se renální arterie dělí na 2 až 3 větve, které zásobují horní, střední a dolní část ledvin
- Arterie se v ledvinách dále dělí, až z obloukových arterií odstupují arterie interglobulární, které dávají vznik aferentním arteriolám, přivádějícím krev do glomerulů

Průtok krve ledvinami

- Z kapilárního klubička glomerulů začínají eferentní arterioly, jež tvoří kapilární síť kolem ledvinných kanálků
- Krev se sbírá do interlobulárních vén odvádějících krev do *venae arcuatae* a z nich do vén interlobárních; ty se pak spojují do několika kmenů a poté do renálních vén, které vystupují z ledvin
- Za minutu proteče ledvinami 1 300 ml krve
- Za den proteče ledvinami 1 700 l krve

Funkce jednotlivých částí nefronu

- **Glomerulus**

- Filtrace krevní plazmy filtrační membránou
- Filtračním tlakem vzniká z plazmy glomerulární filtrát (primární moč)
- Glomerulární filtrace závisí na průtoku krve ledvinami (glomerulem), na filtračním tlaku, na onkotickém tlaku plazmy a na velikosti filtrační plochy

- **Proximální tubulus**

- Zpětná resorpce primární moči 75–80 %
- Kromě vody se zde vstřebávají ionty, fosfáty, glukóza a aminokyseliny

Funkce jednotlivých částí nefronu

- **Henleova klička**

- Sestupné raménko Henleovy kličky je volně prostupné pro vodu a ionty
- Tlustá část vzestupného raménka je pro vodu neprostupná; aktivní mechanismus ke vstřebávání Na^+ a Cl^- z tubulu do intersticia

- **Distální tubulus**

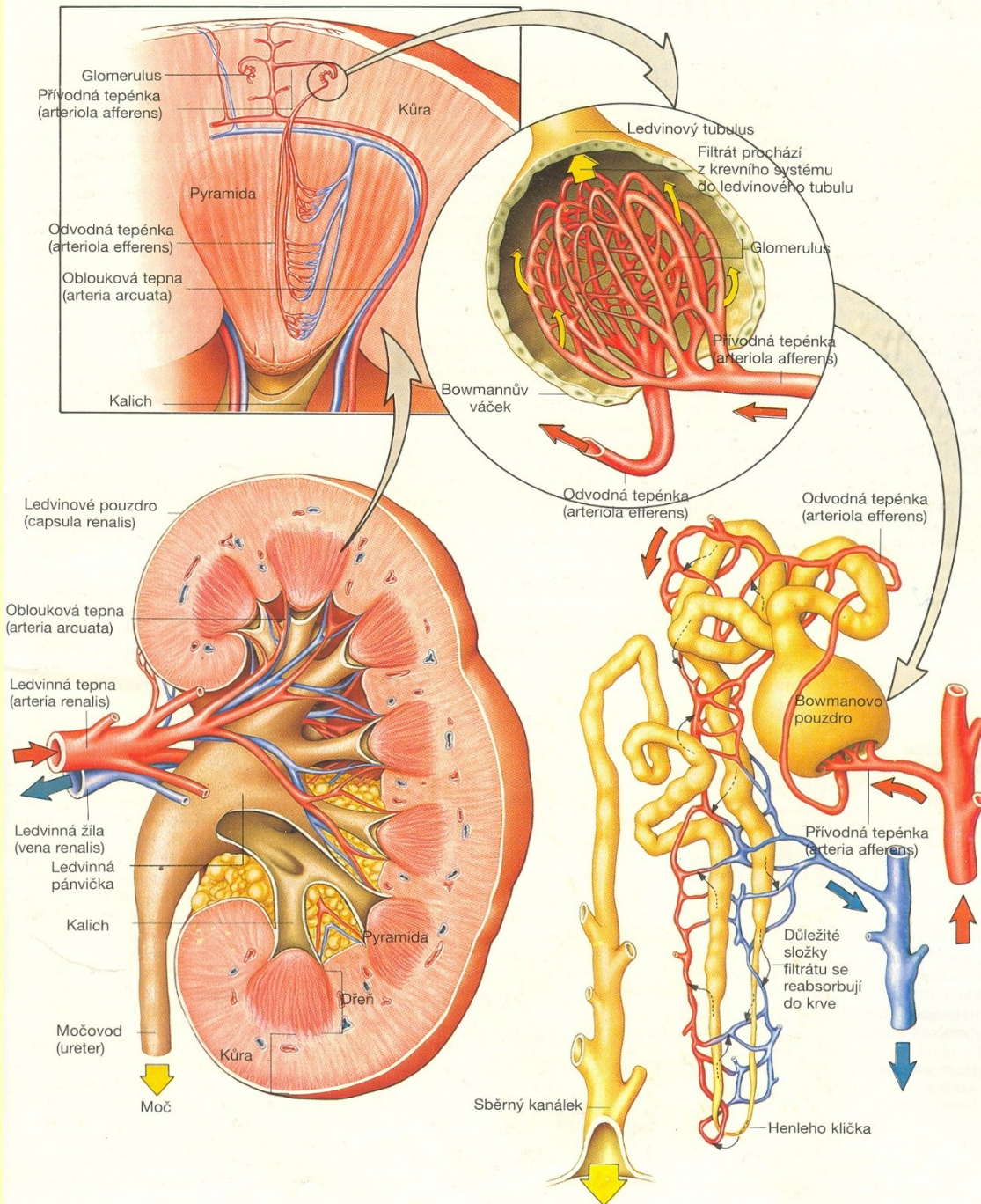
- Další resorpce vody na 1 % původního objemu glomerulárního filtrátu
- Vstřebávání Na^+ , Cl^- , bikarbonátů, fosfátů, K^+ a močoviny
- Výsledkem činnosti distálního tubulu je udržování stálého složení extracelulární tekutiny

Funkce jednotlivých částí nefronu

- **Sběrací kanálky**

- Úprava tubulární tekutiny na definitivní moč
- Kanálek prochází dřením směrem → prostupnost pro vodu → výstup vody po osmotickém gradientu do vysoce koncentrované dřeně → zahuštění budoucí moči
- Míru prostupnosti vody řídí *aldosteron* a *vazopresin*

Filtrační systém ledvin



Přehled vstřebávaných látek

Voda

HCO_3^-

Sodík

Glukóza

Draslík

Proteiny

Chloridové ionty

Diuréza

- Při normální diuréze se vyloučí 55–70 g pevných látek za 24 h
- Moč je charakteristicky zapáchající, čirá, zlatožlutá kapalina
- pH moči je většinou lehce kyselé, ale může se pohybovat od 4,5 do 8,0
- Diuréza je řízena *antidiuretickým hormonem* (ADH)
- Sekrece ADH může být ovlivněna chladem, alkoholem nebo kofeinem → snižuje se jeho sekrece → zvyšuje se diuréza
- V moči zdravého člověka nejsou bílkoviny ani glukóza nebo bilirubin

Diuréza

= Množství moči vytvořené za 24 h (1,5–2 l)

Oligurie

= Snížení množství moči

Anurie

= Zástava tvorby moči

Polyurie

= Množství vytvořené moči větší než 2 l za den

Vývodné cesty močové

- Slouží pouze k odvodu definitivní moči z těla

Ledvinné kalichy

Pánvička

Močovody

Močový měchýř

Močová trubice

Močení = mikce

- Je proces vyprazdňování močového měchýře
- Močový měchýř se postupně naplňuje a až do objemu 200–300 ml se v něm nezvyšuje tlak
- Maximální kapacita močového měchýře je 750 ml
- Po překročení objemu (300 ml) intravezikální tlak stoupá a vyvolává pocit nucení na močení
- Náplň 400 ml vyvolává mikční reflex
- Centrum mikčního reflexu je v sakrální míše
- Potlačení nebo přerušování mikčního reflexu je u člověka možný, protože svěrač i břišní lis jsou ovladatelné vůlí

Přehled funkcí ledvin

- **Vylučovací funkce**
 - Do moči se ledvinami vylučují látky, kterých je v těle nadbytek (např. voda, sodík, draslík, fosfáty a vápenaté ionty)
 - Vylučují se i zplodiny metabolismu, jako se kyselina močová, močovina a kreatin
- **Endokrinní funkce**
 - **Renin** – regulace krevního tlaku
 - **Erythropoetin** – regulace tvorby červených krvinek
- **Udržování acidobazické rovnováhy**

Vyšetření moči

- ▶ Cukr (cukrovka)
- ▶ Bílkoviny (onemocnění ledvin, infekce močových cest)
- ▶ Bilirubin (ucpání žlučových cest)
- ▶ Ketolátky (malnutrice, nedostatek inzulínu)
- ▶ Hemoglobin (krev v moči)
- ▶ pH (pH moči je 5,0–6,0; odchylky – infekce)
- ▶ Hustota (hypertonická vs. hypotonická)