

**Otázka:** Tělní tekutiny, imunitní systém a oběhová soustava

**Předmět:** Biologie

**Přidal(a):** Markéta

*Tělní tekutiny, imunitní systém a oběhová soustava živočichů a člověka*

### **Fylogeneze**

- U jednobuněčných organismů cévní soustava chybí, výměna živin a plynů zajišťována difuzí – probíhá v cytoplazmě, která slouží jako médium
- není u hub, žahavců, žebernatek, vířníků, hlístů (pohyb tělní tekutiny zajišťuje lokomoční svalovina)

2 základní druhy: otevřená (hemolymfa, krvomíza se vylévá mezi orgány) difuze látek přes tkáňový mok

Uzavřená (krev a míza, krev nevystupuje z cév, difuze látek přes stěny vlásečnic

- poprvé vyvinuta u měkkýšů, vznikla z mezodermy, typ otevřená – na konci cév se vylévá tělní tekutina na orgány a okysličuje je a pak se vrací zpět, mají tělní tekutinu krvomízu (hemolymfu), a jiný typ barviva = hemocyanin, srdce je chráněno ve vazivovém obalu osrdečníku a vedou z něj žíly
- poprvé uzavřená cévní soustava u kroužkoců, mají břišní a hřbetní cévu (funkce srdce) → rozšíření a stažení = pulzy, mají červenou krev (hemoglobin)
- u členovců je otevřená, primitivní srdce vzniklo z rozšíření hřbetní cévy
- obratlovci mají uzavřenou – je tvořena srdcem a cévami, mízní systém

- paryby mají venózní srdce (dvojdílné – 1 předsíň a jedna komora)
- obojživelníci jsou studenokrevní – poikiloternní – smíšená krev, vyhledávají teplo (teplomilní), srdce má 2 předsíně a 1 komoru, mají dva krevní oběhy (malý plicní a velký tělní)
- plazi mají stále smíšenou krev, ale už se jim vytváří přepážka v komoře (malý otvor=foramen pariser), mají dva srdečnicové oblouky a vrátnicový oběh v ledvinách
- ptáci jsou teplokrevní – 4 dílné srdce s koronárním oběhem, nejvyšší krevní tlak a tep (700/min), 44°C
- savci – mají pouze levý oblouk aorty, lymfatický oběh

### **Cévní soustava:**

- CS slouží hlavně pro přenos dýchacích plynů, hormonů a živin do všech tkání po těle
- Funkce: zabezpečení pohybu tělních tekutin v organismu a transport látek
- Stavba:
- Srdce (cor)
- Cévy: – tepny

- žíly

- vlásečnice

### **Stavba cévní soustavy:**

#### **Srdce:**

- Dutý orgán kuželovitého tvaru
- Umístěno v dutině hrudní mezi levou a pravou plící za hrudní kostí
- Vzniká zmohutněním části nejsilnější cévy v těle
- U některých živočichů jeho funkci plní velká céva – např. u kroužkoců
- *Typy srdcí:*
  - Srdce tepenné (arteriální):
    - Leží v cévní soustavě za dýchacími orgány → nasává okysličenou krev z dýchacích orgánů

- Živočichové s otevřenou cévní soustavou – koryši, klepítkatci, měkkýši
- Srdce žilné (venózní):
  - Leží před dýchacími orgány → nasává odkysličenou krev z těla
  - Kruhoústí, paryby, ryby, larvy obojživelníků
- Srdce smíšené (arteriovenózní):
  - Nasává současně okysličenou krev z dýchacích orgánů a odkysličenou krev z těla. Do těla jde krev smíšená
  - Obojživelníci, plazi
- Srdce čtyřdílné:
  - Srdce žilné (pravá síň + komora) + srdce tepenné (levá síň + komora)
  - Ptáci a savci
  
- *Stavba:*
  - Stavba stěny:
    - Endokard = nitroblána srdeční – vnitřní tenká blána: endotel + vláknitá pojiva, mohou v něm být uložena vodivá vlákna srdeční převodní soustavy, vybíhá v chlopně
    - Myokard = střední, silná vrstva: srdeční svalovina + síť oporných tkání (v levé komoře nejsilnější)
    - Epikard = vnější vrstva srdce: mezotel + pojivo + cévy + nervy; pojivo je prostoupeno tukovou tkání
    - Perikard = osrdečník = vakovitý obal, srdce je v něm volně uloženo
  - Části:
    - 2 síně + 2 komory
    - Krev se vždy pohybuje ve směru síň → komora
    - Chlopně – zabraňují zpětnému toku krve, zajišťují jednosměrný tok krve
      - Nacházejí se mezi síněmi a komorami, mezi komorami a tepnami, ve velkých žilách
      - Cípaté chlopně:
        - Mezi síní a komorou
        - Trojcípá chlopeň – mezi pravou síní a pravou komorou
        - Dvojcípá chlopeň – mezi levou síní a levou komorou
      - Poloměsíčitá chlopně – mezi komorou a tepnami vycházejícími ze srdce – aorta, plicnice
    - Činnost srdce:
      - Pracuje rytmicky, neustále
      - Pravidelně se střídá stah (= systola – vhání krev do oběhu) a

- ochabnutí (= diastola - krev nasávána do srdce)
- Délka jednoho stahu je 0,8 sekundy
- Srdeční cyklus = srdeční revoluce:
  - 1) dochází k systole síní = diastola komor
    - Cípaté chlopně jsou otevřené a poloměsíčité chlopně jsou uzavřené
    - Krev je vháněna do komor
  - 2) systola komor, diastola síní
    - Poloměsíčité chlopně jsou otevřené (otevírají se tlakem) a cípaté chlopně budou uzavřené
    - Krev je vháněna do tepen
  - 3) diastola celého srdce (krátká fáze)
    - Síně i komory jsou v diastole
    - Poloměsíčité chlopně jsou uzavřené
    - Cípaté chlopně jsou otevřené
  - Řízení srdeční činnosti:
    - Vlastní činnost srdce zajišťuje tzv. převodní systém srdeční:
      - = Soustava nervosvalových buněk, které zajišťují pravidelné střídání systoly a diastoly → vznikají elektrické vzruchy
      - = excitomotorický aparát

- tvoří ho:

- Síňový (sinusový) uzlík
  - Je uložen v horní části pravé síně
  - Vznikají tu vzruchy - vyvolávají systolu síní
- Síňokomorový uzlík
  - Umístěn mezi pravou síní a komorou - ve stěně
  - Převádí vzruchy dále do komor
  - Řídí systolu komor
  - Uzlíky = shluky svaloviny
- Hissův svazek
  - Je mezi komorami - v přepážce
  - Dělí se na Tawarova raménka
- Tawarova raménka - 2, pravá a levá

- dělí se na Purkyňova vlákna

- Purkyňova vlákna - šíří vzruch do stěny komor
  
- Dále se na řízení podílí: nervové řízení
- Vegetativní (útrobní) nervy - řídí zrychlování nebo zpomalování rytmu srdce
- Hormonální vedení - například adrenalin
  
- Projevy činnosti srdce:
  - Srdeční ozvy - při uzavírání chlopní - systolické a diastolické ozvy
  - Tep (puls)
    - Roztažení aorty při systole
    - Pulsová vlna, posunuje se dál do žil
    - Okolo 70 tepů/min (klidová hodnota) ve stresu i 200/min
    - Při námaze se zrychluje
  - Elektrické impulzy:
    - Elektrické akční potenciály vznikají při činnosti srdce
    - Dochází ke snímání z povrchu těla - EKG = elektrokardiograf (jednotka EKG)
  - Krevní tlak = tlak krve na stěny cév
    - Největší je v aortě
    - Systolický (120) a diastolický tlak (80)
    - 120/80 - zdravý člověk
    - Tonometr = tlakoměr na pažní tepně
    - Hypertenze = vysoký krevní tlak (160/140)
    - Hypotenze = nízký krevní tlak (120/60)
    - Závisí na věku, hmotnosti...

### Cévy:

- 3 základní typy: tepny, žíly a vlásečnice
  - **Tepny = artérie:**
    - Vedou krev ze srdce, vystupují z komory

- Pružné, silné
- Silná vrstva svaloviny – kvůli velké u tlaku krve
- Hladká svalovina – zajišťuje peristaltické pohyby – vlnění
- Největší tepna – aorta (osrdečnice)
- **Žíly = vény:**
  - Přivádějí krev do srdce, vstupují do síní
  - Tenčí stěny, méně svaloviny
  - Žíly dolních končetin – klapavé chlopně → pomáhají návratu krve do srdce, proti gravitaci
  - Největší – horní a dolní dutá žíla
- **Vlásečnice = kapiláry:**
  - Tenké cévky, spoje mezi tepénkami a žíly
  - Umožňují výměnu látek mezi krví a tkáňovým mokem
  - Stěna vlásečnice je propustná – z krve do buněk a naopak

### **Krevní oběhy:**

- 2 krevní oběhy:
- **Velký tělní oběh:**
  - Z levé komory vede aorta okysličenou krev do těla → z těla vedou duté žíly odkysličenou krev do pravé síně
- **Malý plicní oběh:**
  - Z pravé komory vede plicnice odkysličenou krev do plic → z plic vede plicní žíla okysličenou krev do levé síně
- Na velký tělní oběh jsou napojené ještě dva oběhy:
- **Koronární oběh**
  - probíhá v srdci
  - Výživa srdce
  - Tvořen koronárními tepnami (věčíté)

• **Vrátnicový oběh:**

- Probíhá v játrech, je napojen na koronární oběh
- Sbírá krev z orgánů dutiny břišní (střeva), krev je částečně okysličená (fialová)  
à Vede do jater vrátnicovou žilou → v játrech specifická úprava (vzniká např. heparin, fibrin) → z jater je vedena odkysličená krev jaterní žilou → do dolní duté žíly (játra mají své zásobení krve - z aorty se oddělí jaterní tepna s okysličenou krví, která vede do jater, vše se spojí - vrátnicová vede 80% a jaterní 20%)

**Nemoci cévní soustavy:**

• *Arterioskleróza:*

- Dochází k zužování cév, cévy ztrácí pružnost
- Postižení velkých cév: ukládání cholesterolu a vápenatých solí do stěny cév → ucpání

• *Infarkt myokardu:*

- Dochází k ucpání věnčitých tepen → nedostatečné zásobení myokardu = srdeční ischemie → odumírání myokardu - zahojení jizvou, nejčastěji dolní levá komora, bolest na hrudi

• *Žilní vměstky = varixy = křečové žíly:*

- Patologické rozšíření žil → městnání krve → vznik trombů sraženin nebo bércových vředů (špatná výživa kůže, důležité je sportovat)
- Poranění velkých cév
  - Možnost vykrvácení: ohrožení života při náhlé ztrátě krve 1,5 litru, při pomalém krvácení 2,5 litru
- spavá nemoc - Trypanozoma spavičná - parazit v krvi - napadá červené krvinky, přenašeč moucha Tse Tse
- toxoplazma - u lidí gondie, v krvi napadá bílé krvinky, nebezpečí pro těhotné ženy - poškození plodu
- malárie - zimnička parazituje v krvi (komáři)
- angína pectoris - bolest jako infarkt, nedostatek přívodu kyslíku
- bypass - přemostění (př. žíly na nohou)

## **Mízní (lymfatická) soustava:**

- Lymfa - mimobuněčná cévní tělní tekutina
- Pohybuje se v uzavřeném systému cév - jednosměrný pohyb
- *Průběh oběhu:*
  - Mízní vlasečnice (slepý začátek) - spojují se dál → vytváří míznice (hladká svalovina - peristaltika + chlopně) - jedním směrem → spojí se do mízních kmenů:
- (hrudní mízovod - míza z dolní části těla, z levé části hrudníku a z levé paže;
- pravostranný mízní kmen - z horní části těla, hlava, pravá část hrudníku a pravá paže)

à oba mízovody ústní do krčních žil → horní dutá žíla à do krve

- *Složení lymfy:*
  - Podobné složení jako krevní plazma (méně bílkovin)
  - Obsahuje látky, které neprojdou stěnou kapiláry (tuky, tukové kapénky, vitamíny)
  - Bílá (s tukem) nebo bezbarvá
  - 2 - 3 litry - denní tvorba
  - Vzniká z přebytečného tkáňového moku
  - Součástí jsou lymfocyty
  
- *Mízní uzliny (lymfatické):*
  - Jsou na určitých místech lymfatických cév
  - Krk, podpaží, podtříslí, kolem břišní aorty
  - Jsou tvořené lymfatickou síťovitou tkání
  - Probíhá tam filtrace/čištění mízy, likvidace mikroorganismů/bakterií → zduření uzlin
  - Retikulární tkáň
- Hromadění lymfy → otoky = edémy
- Elefantiáza = Vlasovec mízní - parazit v mízních uzlinách, ucpává mízovody a dojde k zbytnění tkáně a otokům

## **Retikuloendotelová soustava RES**

- Různé orgány pro imunitu organismu,
- buňky mají schopnost fagocytózy - pohlcovat



- vychlípáním cytoplazmatické membrány à pohlcení bakterie
- tvoří protilátky
- orgány např. - slezina, játra, lymfatická tkáň, kostní dřeň, brzlík

### Slezina

- Největší lymfatický orgán, v levé straně dutiny břišní, točí se tam hodně krve (do vrátnicové žíly)
- Odbourávání starých červených krvinek

### **Tělní tekutiny = pojiva trofická:**

- Tekuté látky, které se nachází v těle organismů - chybí pouze u hub
- Většina koluje v těle organismu, některé tekutiny jsou vylučované ven z těla - odpadní tekutiny
- dospělý - až 66 % hmotnosti těla
- novorozenec - až 80 % hmotnosti těla
- člověk (70 kg): 42 l tělních tekutin, z toho 28 l nitrobuněčná tekutina (40 % hmotnosti), 14 l mimobuněčná tekutina (20 % hmotnosti)

#### • **Funkce:**

- Vytvářejí vnitřní prostředí organismu - rozvod živin, hormonů, odstraňování zplodin metabolismu, výměna dýchacích plynů...
- Podílejí se na udržení homeostázy vnitřního prostředí
  - Homeostáza = stálost a rovnováha v organismu

#### • **Typy tělních tekutin:**

- Nitrobuněčné = intracelulární - u člověka tvoří asi 40% tělesné hmotnosti (draselné ionty, méně hořčnatých a fosforečnanových)

Mimobuněčné = extracelulární - u člověka tvoří asi 20% tělesné hmotnosti (hlavně sodné a

chloridové ionty, méně vápenaté, hydrogenuhličitanové, živiny, plyny, tekutina mezibuněčná (10,5 l) a cévní (3,5 l) tkáňový mok, krev a lymfa se vzájemně doplňují, stav dynamické rovnováhy

- **Druhy tělních tekutin:**

- **Cévní** – krev, lymfa (míza)
- **Mimocévní** :
  - -relativně stálý objem: tkáňový mok, endolymfa, perilymfa, mozkomíšní mok, komorová voda
  - -nestálý objem: moč, pot, trávicí šťávy

-

### **BEZOBRATLÍ:**

- *Hydrolymfa*
  - má podobné složení jako mořská voda – obsahuje ionty solí, téměř žádné bílkoviny, volně plovoucí buňky
  - ambulakrální soustava – systém vodních cév, slouží jako dýchací soustava
  - žahavci, ostnokožci
- *Míza = lymfa = perienterická tekutina*
  - Vyplňuje tělní dutinu
  - Má podobné složení jako krevní plazma, obsahuje buňky
  - Mohou v ní být rozpuštěna krevní barviva
  - Hlísti, kroužkovci
- *Krvomíza = hemolymfa*
  - Obsahuje ionty solí, bílkoviny, krevní buňky, krevní barviva (neváží se na buňky)
  - U živočichů s otevřenou cévní soustavou
- *Krev*
  - U bezobratlých s uzavřenou cévní soustavou – kroužkovci
  - Krevní buňky = krvinky
    - Obdoba bílých krvinek u obratlovců
      - Améboocyty – schopnost fagocytózy
      - Hemocyty – u hmyzu
    - Tvorba krvinek:
      - Z mezenchymu a množením přímo v krvi
    - Krevní barviva:
      - Umožňují přenos kyslíku (váže se na atom kovu)

- Rozpuštěna v plazmě

Atom kovu	Barvivo	Barva	Výskyt
Fe	hemoglobin	červená	Členovci, kroužkovci, plži
	hemerytin	fialová	Kroužkovci
	erytrokruorin	červená	kroužkovci
	chlorokruorin	zelená	Kroužkovci
	echinochrom	oranžová	Ježovky
Cu	hemocyanin	zelenomodrá	Hlavonožci, pavouci

- Tkáňový mok
  - U bezobratlých s uzavřenou cévní soustavou
  - Vyplňuje mezibuněčné prostory

## **OBRATLOVCI:**

- ***Krev = sanguis***

Složení:

- **Krevní plazma:**
  - Tekutá složka krve
  - Hustá, průhledná, slámově žlutá barva
  - Tvoří cca 55% krve - asi 3,5 l
  - Složení:
    - 90% voda
    - Plyny - kyslík, oxid uhličitý, dusík
    - Minerální látky -  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$

- U teplokrevných živočichů tvoří minerální látky 0,85%, u studenokrevných 0,65% X u mořských bezobratlých 3% minerálních látek
- Organické látky:
  - Bílkoviny (7%)
    - Albuminy - udržují osmotický tlak
    - Globuliny - přenašeče a protilátky
    - Fibrinogen - srážení krve
  - Sacharidy - glukóza - hlavní zdroj energie pro NS
  - Lipidy - zbytky kapének tuku
  - Aminokyseliny, mastné kyseliny
  - Hormony, vitaminy, barviva
  - Kyselina mléčná - ze svalů
  - Močovina - vzniká v játrech
- pH krevní plazmy = 7,4 - slabě zásaditá; téměř se nemění
  - snížení pH = acidóza
  - zvýšení pH = alkalóza

#### • **Krevní tělíska (*corpuscula sanguinis*)**

- Vznik = krvetvorba = hemopoesa
  - Krev se začíná tvořit už od poloviny 3. Týdne, vytváří se z mezodermy (stěna žloutkového váčku) → vznikají kmenové (mateřské) buňky všech typů; jsou roznášeny od embrya a od 2. měsíce osídlí postupně játra, slezinu a brzlík - tyto orgány se stávají hlavními orgány krvetvorby, až do poloviny těhotenství
  - Postupně tvorba vyhasíná v játrech a slezině, do konce života se vytváří v červené kostní dřeni

#### • **Červené krvinky = erythrocyty**

- Chybí jen výjimečně u některých ryb polárních moří
- Znaky:
  - U většiny obratlovců s jádrem, u savců bezjaderné
  - Ploché, okrouhlé, bikonkávní (dvojevypuklé), ve středu jsou ztenčené, promáčklé
  - Jsou pružné, při průchodu tenkými kapilárami se mohou přechodně deformovat

- Funkce – přenos dýchacích plynů
- Tvorba = erythropoéza
  - Vznikají v červené kostní dřeni (hlavice dlouhých kostí, ploché kosti lebky, trupu)
  - Řídí hormon erythropoetin (tvoří se v ledvinách a játrech)
  - Nezbytná je přítomnost vitamínu B<sub>12</sub> a dostatek Fe, kyselina listová
    - Nedostatek Fe = sideropénie
    - Zdroj železa:
      - Z potravy – maso, vejce, játra, zelenina
      - Z rozpadlých červených krvinek
    - V zárodečném vývoji krvinky vznikají z mezenchymu a množí se v cévách, později vznikají v krvetvorných centrech
    - Porucha krvetvorby = anémie = oligocytémie = chudokrevnost
    - Polyglobulie – více červených krvinek než je norma
  - Složení:
    - 60% voda, 35 – 37% hemoglobin
      - **Hemoglobin:** Červené krevní barvivo, Komplex bílkoviny globinu (96%) a barevná nebílkovinná skupina hem (4%, obsahuje Fe<sup>2+</sup> – váže kyslík, žlučové barvivo bilirubin
      - Typy hemoglobinu:
        - **Oxyhemoglobin** – hem + kyslík – jasně červený
        - **Karbaminohemoglobin** – hem + oxid uhličitý – červenofialový až modrý
        - **Karbonyl (xy)hemoglobin** – hem + oxid uhelnatý – váže se velmi snadno, tím znemožňuje vazbu s kyslíkem; už při 0,1% CO ve vzduchu je nebezpečné a způsobuje vážné poruchy → může dojít až ke smrti udušením
        - **Methamoglobin** – místo dvojmocného železa Fe<sup>2+</sup> má trojmocné Fe<sup>3+</sup> – není schopen přenášet kyslík
      - Životnost: člověk 90 – 120 dnů, ptáci 20 – 40 dnů, žába 700 – 1200 dnů
      - Zánik = hemolýza:
        - Ve slezině, játrech a kostní dřeni
        - Hemoglobin se oxiduje a vznikají (z hemu) žlučová barviva biliverdin, bilirubin → jsou do žluče a potom do dvanáctníku – emulgace (rozpad velkých tukových kapének), rozklad tuků pomocí enzymu lipázy → tuky se rozpadnou na mastné kyseliny a glycerol

- Nastává po porodu - novorozenecká žloutenka - nebo patologicky přímo v krvi - např. působením ultrazvuku, vysoké a nízké teploty, organických rozpouštědel, bakteriálních, hadích a rostlinných jedů

- **Bílé krvinky** = leukocyty

- Znaky:
  - pravé buňky - mají jádro
  - bezbarvé, kulovité, průsvitné, nemají stálý tvar
- Funkce:
  - Obrana organismu proti infekci
  - Pohlcování cizorodých látek = fagocytóza
  - Tvorba a transport protilátek
- Tvorba = leukopoéza
  - V zárodečném vývoji z mezenchymu, později v játrech, slezině, kostní dřeni a lymfatické tkáni (lymfatické cévy a uzliny, brzlík, mandle)
- Zánik:
  - Životnost je různá, několik hodin až dní - neutrofilny; až několik měsíců - monocyty a T-lymfocyty
- Rozdělení:
  - **Granulocyty:**
    - V plazmě mají barvitelná zrnčka = granuly
    - Vznikají v červené kostní dřeni
    - Životnost je několik dní
    - **Eozinofilní (acidofilní):**
      - Barví se kyselými barvivou
      - Jsou největší z granulocytů
      - Jádro je méně členěné - dvoulaločné až okrouhlé
      - Jsou schopné fagocytózy
      - V granulách mají lysozym (enzym rozrušující povrch bakterií)
      - Zmnožují se při parazitárních onemocněních a alergiích
    - **Bazofilní:**
      - Barví se zásaditými barvivou
      - Jsou nejmenší z granulocytů
      - Jádro je okrouhlé až zakřivené
      - Granuly obsahují heparin a histamin
      - Uplatňují se při zánětlivých a alergických projevech

- **Neutrofilní (heterofilní):**

- Špatně barvitelné
- Jádro je po vzniku jednotné, potom se dělí na 2 – 5 segmentů spojených úzkými můstky
- Granuly obsahují lysozomy
- Jsou typické pro savce (chybí u ptáků)
- Jsou velmi pohyblivé
- Mají schopnost fagocytózy – fagocytují malé částice a bakterie = mikrofágy

- **Agranulocyty:**

- Nemají v plazmě granuly
- Jádro mají oválné, kulovité, ledvinovité

- **Monocyty:**

- Jsou pouze u savců
- Okrouhlé buňky s okrouhlým nebo ledvinovitým jádrem
- Jsou největší z krvinek
- Jsou schopné amébovitého pohybu
- Pronikají do ostatních tkání a mění se na makrofágy – fagocytují velké částice, včetně odumřelých buněk
- Zabraňují růstu nádorů
- Ovlivňují krvetvorbu
- Vznikají v kostní dřeni
- Výskyt:
  - Lymfatické uzliny, slezina, játra (=Kupfferovy buňky), mikroglie v CNS
  - Roztroušeny všude v okolí míst, kde hrozí infekce – plíce, vazivo v okolí trávicí soustavy

- **Lymfocyty:**

- Okrouhlé buňky s okrouhlým velkým jádrem
- Typické jsou malé buňky, ale v oběhu jsou i velké
- Liší se původem, imunologickými funkcemi a délkou života
- Společně vznikají v kostní dřeni a diferencují se potom v brzlíku a lymfatických tkáních
- *T - lymfocyty:*
  - Dozrávají v brzlíku (brzlík = thymus → odtud název)
  - Zajišťují buněčnou imunitu – rozpoznávají a ničí cizorodé látky a likvidují je

- Př. při transplantaci
- *B - lymfocyty:*
  - Název od váčku (Burza Fabricie) - lymfatický orgán u kloaky ptáků - tady dozrávají
  - Savci Burzu Fabricie nemají, diferenciaci probíhá v játrech a později v kostní dřeni
  - Zajišťují látkovou imunitu - reagují na přítomnost antigenu (= cizorodá látka) zvětšením, zmnožením → přemění se na plazmatické buňky a začnou tvořit a produkovat protilátky imunoglobuliny
- **Poruchy:**
  - Leukopenie = snížený počet bílých krvinek
  - Leukocytóza = zvýšený počet
    - → onemocnění leukémie = rakovina krve:
      - Zhoubná nadprodukce nezralých nediferenciovaných bílých krvinek
      - Akutní X chronická
      - Způsobena radiací, viry, chemikáliemi (benzen) Léčba - chemoterapie

- **Krevní destičky = trombocyty:**

- Funkce - zabezpečují srážení krve - snadno se shlukují na porušeném místě cévy
- Jsou bezbarvé, ploché, drobné, nepravidelné útvary, bezjaderné - úlomky buněk - u člověka
- U ostatních obratlovců vřetenovité buňky s jádrem = koagulocyty
- Tvorba krevních destiček = trombopoéza:
  - Vznikají v červené kostní dřeni, z megakaryocytů = velké mnohjaderné buňky kostní dřene
  - Z jednoho megakaryocytu vznikne až 5000 úlomků
- Podstata srážení krve:
  - Při poranění dojde na vzduchu k rozpadu krevních destiček



- Krevní destičky uvolňují enzym trombokinázu (nastává jen za přítomnosti  $\text{Ca}^{2+}$  v krvi) → aktivuje přeměnu protrombinu (vzniká v játrech, je součástí krevní plazmy) na trombin
- Ten aktivuje přeměnu rozpustné bílkoviny fibrinogenu (vzniká v játrech) na vláknitý nerozpustný fibrin
- Z nerozpustného fibrinu vzniká síť → zachytí krevní buňky → vzniká tzv. definitivní trombus = krevní koláč = sekundární hemostáza
- Po čase dojde ke smrštění trombu (refrakce) a vytlačí se nažloutlá kapalina, tzv. krevní sérum (= krevní plazma bez fibrinogenu)
- Zástava krvácení = hemostáza (hemokoagulace)
  - Ochrana organismu před vykrvácením, ztrátou krve, Důležitá je přítomnost vitamínu K
  - Průběh:
    - 1) zúžení cévy v místě poranění = vazokonstrikce (stah hladkého svalstva)
      - Zúžení cévy je způsobeno vyloučením serotoninu z krevní destičky
    - 2) rychlý pokles tlaku krve v místě poranění – odtok části krve cévními spojkami
    - 3) krevní destičky se shlukují a rozpadají na místě poranění → vzniká tzv. primární hemostatická zátka = dočasný trombus = primární hemostáza
    - 4) srážení krve
  - Chorobné srážení krve v cévách:
    - Trombóza – nejčastěji v žilách dolních končetin, Vzniká krevní sraženina
    - Embolus = utržení trombu – trombus putuje, je možné ucpání cévy = embolie
    - Embolie:
      - Plicní embolie = ucpání cév v plicích
      - Ucpání koronárních cév v srdci → srdeční infarkt
      - Ucpání cév v mozku → mozková mrtvice
    - Onemocnění:
      - Hemofilie = porucha krevní srážlivosti, Geneticky podmíněná choroba – přenáší chromozom X
    - Protisrážlivé faktory:
      - Zabraňují srážení v krevním řečišti
      - Přirozeně:
        - Plazmin – rozpouští fibrin, blokuje srážení

- Heparin - brání vzniku fibrinu, uvolňuje se z granul bazofilních granulocytů
- Terapeuticky: Kumarin - antagonistu vitamínu K
- **Krevní skupiny:**
  - Krev má antigenní vlastnosti Známo asi 400 antigenů
- Aglutinogeny = glykoproteiny - látky antigenní povahy vázané na membránu erytrocytů
  - Nejdůležitější jsou aglutinogeny A, B a Rh systém (soubor více antigenů - D je nejvýznamnější)
- Aglutininy = protilátky přítomné v krevní plazmě (u člověka se tvoří v 1. roce života)
  - Při setkání s příslušným aglutinogenem (transfúze) způsobují shlukování (= aglutinaci) a hemolýzu erytrocytů
  - Nejdůležitější jsou anti - A a anti - B (přirozené) a anti - D
- Podle přítomnosti aglutinogenů a aglutininů v krvi lze rozlišit krevní skupiny

Krevní skupina	Aglutinogeny	Aglutininy	Četnost ve střední Evropě
A	A	Anti - B	43%
B	B	Anti - A	12%
0	-	Anti - A + anti - B	40%
AB	A + B	-	5%

• Rh systém:

- Je nezávislý na ostatních aglutinogenech, Aglutinogen D, 2 možnosti:
  - Rh<sup>+</sup> = Rh pozitivní - má aglutinogen D - Výskyt asi u 80 - 85% lidí
  - Rh<sup>-</sup> = Rh negativní - aglutinogen D chybí - Výskyt u 15 - 20% lidí
- Protilátky anti - Rh nejsou vrozené, vytvářejí se při vpravení Rh<sup>+</sup> člověku s Rh<sup>-</sup>
- Riziko v těhotenství: Matka Rh<sup>-</sup>, otec Rh<sup>+</sup>, dítě zdědí po otci Rh<sup>+</sup>, Krvinky plodu se mohou dostat do oběhu matky a tam vyvolat vznik Rh protilátek, které pak mohou pronikat zpět do krve plodu a vyvolat tam hemolýzu. Vyloučí se mnoho bilirubinu,

játra ho nestačí zpracovat a vzniká těžká novorozenecká žloutenka

- **Míza = lymfa:**

- Složení: bezbarvá nebo bělavá tekutina podobná krevní plazmě, je v ní méně bílkovin, obsahuje krvinky – především lymfocyty
- Funkce: transport látek z tkáňového moku do krve (voda, ionty solí, lipidy), účast na obraně organismu
- Vznik: z tkáňového moku v mízních vlásečnicích; proudí v mízních cévách a odtéká do krevního oběhu

- **Tkáňový mok**

- Tekutina obklopující jednotlivé buňky tkání, Funkce: zabezpečení výživy buněk tkání a odvod zplodin jejich metabolismu do krve a mízy, Vznik: z krevní plazmy prolínáním látek přes stěnu krevní vlásečnice
- **Další tělní tekutiny:** mozkomíšní mok, komorová voda oční, nitroušní tekutina, kloubní tekutina, moč...

## NESPECIFICKÁ IMUNITA

- evolučně starší, vyskytuje se v různých formách v celé živočišné říši od bezobratlých po savce (včetně člověka)

- **základní charakteristiky:**

- je vrozená (organismus ji má od narození nehledě na to, zda se s antigenem potkal, nebo ne)
- není specifická (buňky zasahují stejným způsobem proti všem cizorodým částicím)
- nemá imunologickou paměť (zásah proti antigenu vždy se stejnou silou, i když je opakovaný)

- **výkonné složky:**

- fyzikální a chemické bariéry organismu: kůže, sliznice chráněné mukózním

- sekretem, řasinkové epitelu, sliny, slzy, žaludeční šťávy
- bazofily: produkce histaminu - dilatace cév, zvýšení permeability vlásečnic - usnadnění průchodu proteinů a leukocytů z krve do tkání - zánětlivá reakce, teplota, otok, zarudnutí
  - fagocytóza makrofágy a neutrofilu: diapedézou vystupují z kapilár do tkání a pohlcují veškerý cizorodý materiál, v místě infekce vzniká hnis, aktivované tkáňové fagocyty produkují cytokiny (vliv na další buňky)
  - komplementové proteiny: skupina tkáňových a membránových proteinů lokálně aktivovaných v místě zánětu, chemický atraktant leukocytů, opsonizace bakteriálních buněk, perforace bakteriální membrány
  - NK buňky (natural killers, přirození zabíječi): nespecifická obrana proti virům a nádorovým buňkám (rozeznávají patologické změny na povrchu buněk)

## SPECIFICKÁ IMUNITA

- evolučně vyspělejší než imunita nespecifická
- **základní charakteristiky:**
  - není vrozená (organismus ji získává až při styku s antigenem)
  - specificky rozpoznává cizorodé látky (antigeny)
  - vyznačuje se imunologickou pamětí (opakované setkání - rychlejší a efektivnější odpověď)
- na povrchu všech buněk jsou specifické membránové proteiny, které se během embryonálního vývoje učí imunitní systém rozpoznávat jako tělu vlastní - ostatní molekuly potom po narození rozeznává jako cizí, nazýváme je antigeny
- **antigen** = původně látka vyvolávající tvorbu protilátek (z angl. **antibody generating**), v širším smyslu jakákoliv cizorodá látka vyvolávající imunitní odpověď
- antigeny jsou v těle rozpoznávány prostřednictvím B- a T- lymfocytů - mají na svém povrchu buněčné receptory schopné vázat takové antigeny
- antigenní molekula zpravidla příliš velká - váže se receptor jen na její určitou malou část, tzv. **epitop** (antigenní determinant)
- receptor s epitopem do sebe zapadají jako „klíč do zámku“
- **klon** = receptorově shodný typ leukocytu spolu s jeho identickými kopiemi
- existují milióny typů antigenů, proto je formování buněčných receptorů jedním z nejsložitějších procesů v imunologii
  - obrovská diverzita a rozlišovací schopnost
  - eliminace receptorů potenciálně reagujících s vlastními buňkami

## **B-lymfocyty a látková imunita**

- namířeno proti extracelulárním antigenům
- po stimulaci receptoru antigenem se B-lymfocyt dělí a diferencuje, vznikají:
  - **1. plazmatické buňky**
    - produkují velké množství protilátek, tzv. imunoglobulinů (téměř identické s membránovým receptorem)
    - protilátky jsou globulární bílkoviny obsažené v plazmě, slinách, slzách, mateřském mléce aj.
    - molekula má tvar písmene Y – tvořena čtyřmi polypeptidovými řetězci (viz obrázek)
    - u člověka rozlišujeme podle stavby pět základních tříd (izotypů) imunoglobulinů:
      - *IgG*: nejsilnější a nejstabilnější, vyskytuje se v krvi a mozkomíšním moku, prochází i přes placentu a chrání novorozence, váže se na viry, bakterie i houby a společně s komplementem je dokáže zničit
      - *IgA*: slizniční protilátky, nachází se v trávicím traktu, mléku, slzách a slinách, chrání vnější i vnitřní povrch těla, aktivují komplement
      - *IgE*: protilátky proti parazitům, hrají velkou roli v alergických reakcích, neaktivují komplement
      - *IgM*: časné protilátky, vyskytují se v krvi a aktivují komplement
      - *IgD*: funkce zatím není objasněná
    - protilátky samy o sobě antigen nezničí, ale „označí ho“ (= navážou se na něj, tzv. opsonizace), čímž se antigen stává viditelnějším pro makrofágy
    - komplex protilátky – antigen aktivuje další buňky a proteiny komplementu (spolupráce s nespecifickou imunitou)
  - **2. paměťové buňky**
    - vznikají v menším množství, ale zato mají delší životnost
    - rychlejší, masivnější, efektivnější zásah při opakované infekci
    - organismus tzv. imunizován proti určitému antigenu

## **T-lymfocyty a buněčná imunita**

- rozpoznávání intracelulárních antigenů (skoro vždy peptidů) – důležité u infekcí, kdy patogen pobývá přímo v hostitelské buňce a je tak nedostupný pro B-lymfocyty

- **cytotoxické T-lymfocyty ( $T_c$ )** ničí buňku vlastního těla, která prezentovala cizorodý antigen (viz dále), a tím brání šíření infekce
- **pomahačské (z angl. helper) T-lymfocyty ( $T_H$ )** produkují cytokiny, které stimulují k zásahu další buňky
- na rozdíl od B-lymfocytů nejsou T-lymfocyty schopny reagovat s antigenem přímo – ke své stimulaci potřebují antigen prezentující buňky

### **Antigen prezentující buňky (APC) a MHC systém**

- APC jsou buňky vlastního těla schopné fagocytovat (makrofágy, dendritické buňky, B-lymfocyty) – co pozrou, to našťípou na krátké peptidické sekvence a vystaví na svém povrchu k „posouzení“
- kromě těchto „vzorků“ mají na povrchu i **MHC molekuly** (z angl. **major histocompatibility complex**)
  - MHC jsou vysoce polymorfní a zcela specifické a unikátní pro každého jedince
  - MHC určují individuální identitu všech tkání – proto můžou působit komplikace spojené např. s odvržením štěpu po transplantaci
  - největší koncentrace MHC je v leukocytech, proto se u člověka používá spíše zkratka HLA (z angl. **human leukocyte antigens**)
  - více o MHC najdete například na Wikipedii
- teprve komplex MHC molekuly s antigenem vystavený na povrchu buňky aktivuje příslušný T-lymfocyt

### **Imunizace**

- aktivní imunizace
  - přímý kontakt organismu s příslušným antigenem, imunitní systém vytváří protilátky a paměťové buňky
  - příklady: prodělání onemocnění, inkompatibilní těhotenství (matka  $Rh^-$ , plod  $Rh^+$ ), transplantace, většina očkování
- pasivní imunizace
  - do organismu transportovány již hotové protilátky nebo lymfocyty specifické vůči danému patogenu
  - jedinec je imunní pouze dočasně, jeho imunitní systém de facto není zapojen –

výhodou je rychlá účinnost

- příklady: přenos protilátek přes placentu z krve matky do plodu nebo mlékem při kojení, speciální očkování proti extrémně virulentním infekcím nebo jedům (tetanus, hadí jedy)

## **PORUCHY (ANOMÁLIE) IMUNITNÍHO SYSTÉMU**

### **• alergie, alergické reakce**

- vyvolané přecitlivělostí na jinak všeobecně neškodné látky, tzv. alergenů
- typické lokální projevy: zarudnutí, otok, svědění kůže, kýchání, zvracení, průjemy, kopřivka
- v extrémním případě se může rozvinout anafylaktický šok (celkový kolaps oběhového systému, rapidní pokles krevního tlaku v důsledku vasodilatačních účinků histaminu) a dušení v důsledku otoku průdušek (bronchoskopie)

### **• autoimunita**

- selhání schopnosti rozlišit látky cizorodé od látek tělu vlastních – tvorba protilátek proti vlastním tkáním
- příklady: roztroušená skleróza (narušování myelinových pochv v CNS), hemolytická anémie (protilátky proti antigenům erytrocytů), lupus (neznámá příčina), revmatická horečka (protilátky proti buňkám srdečního svalu), revmatická artritida (protilátky proti kloubním tkáním)

### **• AIDS (*acquires immune deficiency syndrome*)**

- agens retrovirus HIV (*human immunodeficiency virus*) – napadá T-lymfocyty
- více informací například na Wikipedii

### **• nádory**

- imunitní systém kromě cizích patogenů musí rozpoznávat i abnormální buňky vlastní a potom je eliminovat
- v případě nádorů tento mechanismus selhává

1. Imunitní systém - maturitní otázka
2. Tělní tekutiny a cévní soustava
3. Oběhová soustava - maturitní otázka z biologie