

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, žebernatků, 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 mezodermu, 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 kroužkovců, 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

- vlasečnice

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 kroužkovců
- *Typy srdcí:*
 - Srdce tepenné (arteriální):
 - Leží v cévní soustavě za dýchacími orgány → nasává okysličenou krev z dýchacích orgánů
 - Živočichové s otevřenou cévní soustavou – korýši, 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
 - Poloměsíčitě 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 poloměsíčitě chlopně jsou uzavřené
 - Krev je vháněna do komor
 - 2) systola komor, diastola síní
 - Poloměsíčitě 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
 - Poloměsíčitě 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 – kapsovitá 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

- Elefantíáza = Vlasovec mizní - parazit v mizních uzlinách, ucpává mizovody 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 hořečnatých 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 - Na^+ , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , 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 tělíčka (*corpuscula sanguinis*)**

- Vznik = krvetvorba = hemopoesa
 - Krev se začíná tvořit už od poloviny 3. Týdne, vytváří se z mezodermu (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 = erytrocyty**

- 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 = erytropoéza
 - 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 B₁₂ 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^{2+} - 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^{2+} má trojmocné Fe^{3+} - 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 barvivy
 - 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 barvivy
- Jsou nejmenší z granulocytů
- Jádru je okrouhlé až zakřivené
- Granuly obsahují heparin a histamin
- Uplatňují se při zánětlivých a alergických projevech
- **Neutrofilní (heterofilní):**
 - Špatně barvitelné
 - Jádru 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
 - Jádru 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, diferenciace 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 mnohoaderné 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 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 - antagonist 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)

- Agglutiny = protilátky přítomné v krevní plazmě (u člověka se tvoří v 1. roce života)
 - Při setkání s příslušným agglutinogenem (transfúze) způsobují shlukování (= aglutinaci) a hemolýzu erytrocytů
 - Nejdůležitější jsou anti - A a anti - B (přirozené) a anti - D
- Podle přítomnosti agglutinogenů a agglutinů v krvi lze rozlišit krevní skupiny

Krevní skupina	Agglutinogeny	Agglutiny	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 agglutinogenech, Agglutinogen D, 2 možnosti:
 - Rh⁺ = Rh pozitivní - má agglutinogen D - Výskyt asi u 80 - 85% lidí
 - Rh⁻ = Rh negativní - agglutinogen D chybí - Výskyt u 15 - 20% lidí
- Protilátky anti - Rh nejsou vrozené, vytvářejí se při vpravení Rh⁺ člověku s Rh⁻
- Riziko v těhotenství: Matka Rh⁻, otec Rh⁺, dítě zdědí po otci Rh⁺, 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 epitel, 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 neutrofilů: 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 zabijáci): 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*: časně 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 pozřou, to naštípou 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. alergeny
 - typické lokální projevy: zarudnutí, otok, svědění kůže, kýčání, zvracení, průjmy, 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 pochev 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