

Pavčina Vrchovecká

FYZIOLOGIE ČLOVĚKA

Učební texty

Liberec 2022

Recenzenti: MUDr. Iva Jeřábková
PhDr. Iva Šeflová Ph.D.

Autor: PhDr. Pavlína Vrchovecká Ph.D.

Vydala Technická univerzita v Liberci v roce 2022

ISBN 978-80-7494-623-3

Předmluva

Fyziologie člověka je věda zabývající se životními projevy a funkcemi lidského organismu. Její znalost je proto nezbytná pro všechny, kteří se zabývají tělesnou výchovou a sportem, ať už na rekreační nebo vrcholové úrovni. Zvláště pak pro ty, kteří se chystají pracovat s mládeží. A právě u mládeže je respektování fyziologických zákonitostí naprosto nezbytné.

V učebních textech, které držíte v rukách, naleznete doplněný a rozšířený výběr z přednášek, ve kterých je klidová fyziologie člověka probrána komplexně. To však neumožňuje látku probírat příliš dopodrobna. Publikace je v souladu s platnými požadavky odpovídajícími studentům pedagogických fakult a má představovat úroveň i stav vědomostí v daném oboru. Tyto texty studijní podpory jsou určeny především studentům FP TU v Liberci studujícím v programu Tělesná výchova a sport, jak v oboru Tělesná výchova se zaměřením na vzdělávání, tak v oboru Rekreatologie, dále Učitelství pro střední školy, Učitelství pro základní školy a Vychovatelství.

Pavína Vrchovická

OBSAH

1 Úvod do fyziologie	8
1.1 Fyziologie	8
1.2 Obecné vlastnosti organismů	8
1.3 Historie	9
1.4 Buňka	12
1.5 Chemické složení lidského těla	15
1.5.1 Organické látky	15
1.5.2 Anorganické látky	18
1.6 Homeostáza	20
2 Oběhový systém	21
2.1 Krev	21
2.1.1 Krevní plazma	22
2.1.2 Krevní tělíska	23
2.1.3 Imunitní systém	27
2.2 Srdce	31
2.3 Krevní cévy	36
2.4 Krevní oběh	37
2.5 Tkáňový mok	42
2.6 Mízní soustava	43
3 Dýchání	45
3.1 Ventilace	47
3.2 Respirace	51
3.2.2 Přenos O ₂	52
3.2.3 Přenos CO ₂	54
3.3 Vnitřní dýchání	55
4 Trávení a vstřebávání	57
4.1 Trávení	57
4.1.1 Dutina ústní	58
4.1.2 Hltan a jícn	60

4.1.3	Žaludek	60
4.1.4	Tenké střevo	62
4.1.4.1	Slinivka břišní	65
4.1.4.2	Játra	66
4.1.5	Tlusté střevo	69
4.2	Vstřebávání	70
4.2.1	Resorpce sacharidů	70
4.2.2	Resorpce tuků	70
4.2.3	Resorpce bílkovin	71
4.2.4	Resorpce anorganických látek	71
4.2.5	Resorpce vitamínů	71
5	Metabolismus	73
5.1	Látkový metabolismus	73
5.1.1	Metabolismus sacharidů	73
5.1.2	Metabolismus tuků	76
5.1.3	Metabolismus bílkovin	78
5.1.4	Metabolismus vody	81
5.1.5	Metabolismus vitamínů	82
5.2	Energetický metabolismus	84
6	Fyziologie vylučování	87
6.1	Ledviny	87
6.2	Tvorba moči	90
7	Fyziologie kůže a termoregulace	93
7.1	Kůže	93
7.2	Termoregulace	94
8	Endokrinní systém	98
8.1	Hormony	98
8.2	Zpětná vazba	100
8.3	Hypotalamo – hypofyzární soustava	102
8.3.1	Hypofýza	102

8.3.2 Brzlík	104
8.3.3 Epifýza	104
8.3.4 Štítná žláza	105
8.3.5 Příštítná tělíska	106
8.3.6 Langerhansovy ostrůvky	107
8.3.7 Nadledvina	108
8.3.8 Pohlavní žlázy	109
8.4 Tkáňové hormony	111
8.5 Působky	111
9 Fyziologie nervosvalového systému	112
9.1 Struktura nervosvalového systému	112
9.2 Synapse	116
10 Fyziologie svalstva	118
10.1 Kosterní svalovina	119
10.2 Svalová vlákna	121
10.2.1 Pomalá červená vlákna	121
10.2.2 Rychlá červená vlákna	122
10.2.3 Rychlá bílá vlákna	122
10.3 Inervace svalu	123
10.3.1 Motorická ploténka	123
10.3.2 Motorická jednotka	124
10.3.3 Nervová vlákna	125
10.3.4 Receptory pohybového systému	126
10.4 Funkční vlastnosti svalu	128
10.4.1 Fyzikální	128
10.4.2 Fyziologické	128
10.5 Mechanismus svalového stahu	129
10.6 Metabolismus svalu	132
10.7 Řízení činnosti svalu	134
11 Fyziologie nervové soustavy	135

11.1 Mícha	136
11.1.1 Míšní dráhy	137
11.1.2 Reflexy	140
11.1.3 Míšní nervy	141
11.2 Mozek	142
11.2.1 Prodloužená mícha	142
11.2.2 Varolův most	142
11.2.3 Střední mozek	143
11.2.4 Mozeček	144
11.2.5 Mezimozek	146
11.2.5.1 Thalamus	146
11.2.5.2 Hypothalamus	146
11.2.6 Koncový mozek	149
11.3 Řízení motoriky	151
11.4 Vyšší nervová činnost	154
11.4.1 Řeč	155
11.4.2 Učení a paměť	155
11.4.3 Spánek	157
12 Fyziologie smyslů	159
12.1 Zrak	159
12.2 Sluch	166
12.3 Rovnováha	168
12.4 Čich	170
12.5 Chuť	172
12.6 Čítí	173
13 Literatura	175

1 ÚVOD DO FYZIOLOGIE

1.1 FYZIOLOGIE

- Patří k vědám biologickým (o životě),
- zabývá se životními projevy a činnostmi živých soustav,
- zkoumá závislost činnosti živých organismů na stavu vnějšího a vnitřního prostředí,
- hledá vzájemné souvislosti,
- objevuje jevy, které ovlivňují průběh činnosti soustav,
- řídí se fyzikálními a chemickými zákonitostmi,
- výzkum je spojen s měřením veličin (jednotky soustavy SI).

Metody studia a výzkumu

- Pozorování
- Pokus
- Modelování

1.2 OBECNÉ VLASTNOSTI ORGANISMŮ

Jsou společné všem organismům a ti se jimi odlišují od neživé přírody.

Mezi ně patří:

- chemické složení,
- buněčná stavba,
- metabolismus,
- růst a vývin,
- rozmnožování a dědičnost,
- dráždivost,
- pohyb a vývoj,
- autoregulace.

1.3 HISTORIE

Mezi starověké představitelé patřili **Hippokrates** (460 př. n. l. –370 př. n. l.) a **Aristoteles** (384 př. n. l. –322 př. n. l.).

Jako první se zabývali anatomicko-fyziologickými poznatky ve starověkém Řecku.

Galénos Claudius, Galén (130 n. l. –200 n. l.)

Římský osobní lékař císařů a výborný chirurg. Vypracoval techniku operací mozku i oka, ke kterým se medicína vrátila až v 19. století. Jeho učení bylo až do 16. století považováno za dogma.

Andreas Vesalius (1514-1564)

Používal metody přímého pozorování a tím položil základy moderní fyziologie.

Svým 9. dílným hlavním dílem „*De humani corporis fabrica Libri septem*“ položil základy i moderní anatomie.

Fyziologie jako věda se začíná vytvářet v 17. století.

Sir William Harvey (1578–1657)

Podrobně popsal krevní oběh.



Obr. 1

Marcelo Malpighi (1628–1694)

Popsal krevní vlásečnice v plicích a morfologické struktury v buňce.

Je po něm nazváno „Malpighické tělíčko“ v ledvinách



Obr. 2

Albrecht V. Heller (1708–1777)

V díle „*De respiratione experimenta anatomica*“ (1746–1747)

podal správný výklad mechanismu dýchání.

Popsal teorii iritability (stažlivosti a roztažitelnosti) svalového vlákna.

Dílo „*Elemental corporis humani*“ (1757–66) je považováno

za učebnici fyziologie.



Obr. 3

Claude Bernard (1813–1878)

Objevil úlohu slinivky břišní při trávení tuků.

Objevil konstantnost množství cukru v krvi a zjistil příčinu cukrovky.

Prozkoumal funkci jater.

Rozpracoval koncepci hemostázy.



Obr. 4

Ivan Michailovič Sečenov (1824–1905)

Zabýval se fyziologií psychických procesů a reflexy.

Propracoval fyziologii nervového systému.



Obr. 5

Ivan Petrovič Pavlov (1849–1936)

1904 získal Nobelovu cenu za fyziologii a lékařství,

za objev podmíněných reflexů.



Obr. 6

ČEŠTÍ VĚDCI

Jiří Procházka (1749 Blížkovice – 1820 Vídeň)

Zabýval se fyziologií nervového systému, použil a formuloval „**reflex**“.

Objevil rozdíl mezi předními a zadními kořeny míšních nervů, spojení mezi čidlem a pohybovým nervem.

Vysvětlil **reflexní oblouk** a rozlišuje reflexní pohyb od vědomého pohybu.



Obr. 7

Jan Evangelista Purkyně (1787 Libochovice – 1869 Praha)

Byl mezi prvními na světě,

kdo přisoudil buňkám jejich stěžejní význam pro život.

Spoluzakladatel cytologie, používá termínu **protoplazma**.

1861 vydává časopis Živa.



Obr. 8

Obr. 1-8 Významní vědci *Zdroj:* www.wikipedie

Johan Gregor Medel (20.7.1822 Hynčice – 6.1.1884 Brno)

Přírodovědec, opat augustiniánského kláštera v Brně.

Ve světě je řazen na úroveň Darwina, Einsteina, Newtona.

Zakladatel genetiky.

Objevil **základní zákony dědičnosti.**

Poprvé spojil biologii se statistickými metodami, zabýval se kombinatorikou.

Pro tehdejší učence to bylo těžké. Byl nepochopen.

Zdroj: www.wikipedie

1866 „Pokusy s rostlinnými hybridy“ /“*Versuche über Pflanzen-Hybriden*“/



Obr. 9

semeno		květ	lusk		stonek	
tvář	dělohy	barva	tvář	barva	umístění	velikost
sedý & kulatý	žluté	bílá	plný	žlutý	luský a květy podél stonku	dlohý
bílý & svrasklý	zelené	fialová	překrožený	zelený	koncové lusky, vrcholový květ	krátký
1	2	3	4	5	6	7

Obr. 10 Sedm charakteristik hrachu Zdroj: www.wikipedie

1900 Hugo de Vries, Carl Correns znovu objevili zákony dědičnosti a tím potvrdili pokusy G. Mendela.

1953 James D. Watson, Francis Crick objasnili model DNA.

2003 přečten lidský genom, (92,8 % genomu máme shodného se šimpanzem).



Obr. 11 Stavba DNA Zdroj: www.wikipedie

Milan Hašek (1925 Praha – 1984 Praha)

1953 objevil **mechanismus získané imunologické snášenlivosti** (fetální parabiózy) vůči cizím tkáním.

Propojil krevní oběhy dvou slepičích zárodků a zjistil, že vylíhlá kuřata jsou imunologicky snášenlivá.

Zabýval transplantační a nádorovou imunitou a mechanismy virové onkogeneze.



Obr. 12

Zdroj: www.wikipedie

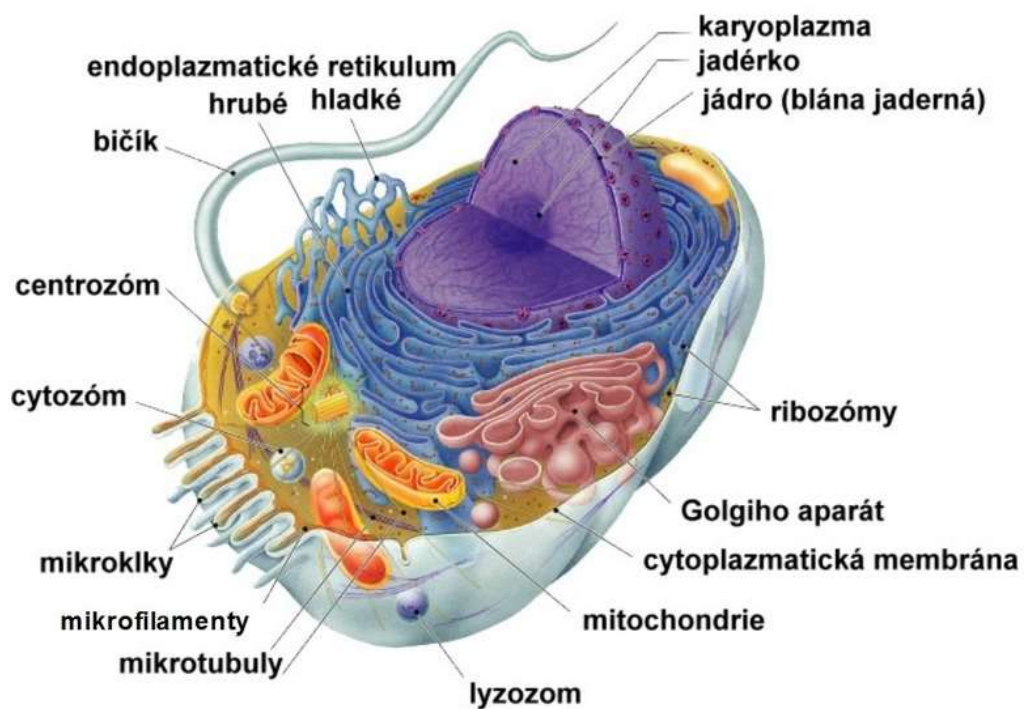
1.4 BUŇKA (cellula)

Základní stavební a funkční jednotka organismu, nejmenší jednotka schopná samostatné nezávislé existence.

- Množství buněk u 1 m vysokého jedince se udává okolo 75×10^{18}
- Tvar buněk je různý.
- Velikost se pohybuje od $7,2 \mu\text{m}$ (erytrocyt) do $150 \mu\text{m}$ (samičí gameta),
 $\varnothing = 10\text{-}20 \mu\text{m}$.
- Mezi životní projevy buňky patří metabolismus, rozmnožování (amitotické, mitotické), pohyblivost, dráždivost, růst a vývoj, adaptace.

Obecná struktura buňky (tvar, velikost, vnitřní uspořádání).

Části: buněčné povrchy,
protoplasma,
jádro.



Obr. 13 Stavba buňky Zdroj: Encyklopedie lidského těla

Cytoplazmatická membrána

- je tvořena biomembránou (model fluidní mozaiky),
- udržuje **tvar**,
- udržuje **homeostázu** (přijímá signály z okolí, reaguje, reguluje oboustranný aktivní a pasivní transport látek),
- **pinocytóza** (vchlípení) při vstupu větších molekul a částic.



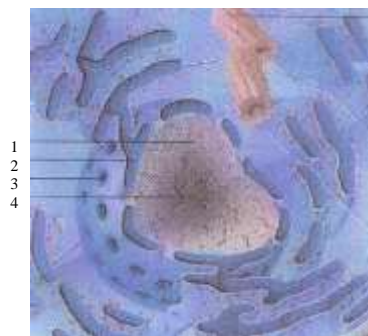
Obr. 14 Plazmatická membrána Zdroj: Encyklopedie lidského těla

Protoplazma

- je tekuté vodní prostředí s organickými a anorganickými látkami a organelami,
- probíhá zde metabolismus,
- obsahuje vláknité struktury a organely.

Jádro (nucleus)

- je obklopeno dvouvrstvou membránou s póry (**perinukleární prostor**),
- **karyoplazma –DNA** (zajišťuje *replikaci* – **přenos a uchování** genetické inf.),
- **jadérko (nucleolus) – RNA** (zajišťuje *transkripci* – **realizaci** genetické informace – překlad genetického kódu z DNA do struktury proteinů).



Obr. 15 Schéma jádra 1karyoplazma, 2 perinukleární prostor, 3 pór, 4 jadérko.

Zdroj: Encyklopedie lidského těla

Endoplazmatické retikulum

- je **drsné** (obsahuje ribozomy) – syntéza **bílkovin**,
- **hladké** (nemá ribozomy) – metabolismus **cukrů, tuků, steroidů**,
- ve svalové buňce reguluje propustnost membrány pro Ca^{++} ionty, tím ovlivňuje kontrakci.

Golgiho aparát

- zajišťuje **postsyntetickou úpravu** bílkovin,
- transport metabolitů k buněčné membráně.

Lyzozomy

- vznikají zaškrfováním z Golgiho aparátu,
- zajišťují **trávení** – enzymatické štěpení látek.

Mitochondrie

- jsou **energetickým zdrojem** buňky,
- aerobně syntetizují ATP – **dýchají**.

Buněčné inkluze

- jsou **zásobní** (zrnka škrobu, tuku, glykogen),
- **odpadní látky** (soli, pigmenty v podobě zrníček).

Centriol je dělicí tělísko.

Desmozomy

- **přidrží** buňky vzájemně k sobě.

Vakuoly

- zadržují a **vylučují** odpadní produkty,
- **udržují** vnitřní **hydrostatický tlak** buňky,
- udržují rovnoměrné **pH**.

1.5 CHEMICKÉ SLOŽENÍ LIDSKÉHO TĚLA

Mění se podle věku.

- Tělo (70 kg) je složeno z organických a anorganických látek: 61 % H₂O (43 kg), 20 % bílkoviny (14 kg), 13 % tuky (9 kg), 5 % soli (3,5 kg), 1 % cukry (0,5 kg).
- Odečtením tuku od ostatní tělesné hmoty, dostaneme **aktivní - tukuprostou tělesnou hmotu (ATH)**.

1.5.1 ORGANICKÉ LÁTKY

BÍLKOVINY

- tvoří 30 % z celkového množství organických látek v těle,
- jsou to **makromolekulární sloučeniny** vznikající **spojováním aminokyselin peptidickou vazbou** (-CO-NH-).

Aminokyseliny

- jsou deriváty karboxilových kyselin (COOH), ve kterých je 1 nebo více H⁺ nahrazen aminovou skupinou (NH₂)
- obecný vzorec
$$\begin{array}{c} \text{R-CH-COOH} \\ | \\ \text{NH}_2 \end{array}$$
- vznikají vařením bílkoviny se slabou kyselinou nebo trávením,
- reagují jako kyseliny i zásady - tj. **obojetné** sloučeniny.

V lidském těle je 20 aminokyselin, z toho 9 nezbytných (**esenciálních**).

glycin G	<u>isoleucin</u> I	<u>threonin</u> T	thyronin Y
alanin A	<u>fenilalanin</u> F	cystein C	asparagyn N
<u>valin</u> V	prolin P	<u>methionin</u> M	glutamin Q
<u>leucin</u> L	serin S	<u>tryptofan</u> W	kys. asparagová D
kys. glutamová E	<u>lysin</u> K	arginin R	<u>histidin</u> H

Molekuly: **fibrózní** (vláknité) – př. myozin ve svalech,
globulární (kulovité) – př. albumin, globulin, hemoglobin.

Dělení:

jednoduché štěpením vznikají aminokyseliny a amoniak (NH_4), př.
protaminy, histony jsou součástí nukleoproteinů,
albuminy v tělních tekutinách, ve svalech,
globuliny v mléce, svalech, krvi (thyreoglobulin),
fibrinogen při srážení krve.
skleroproteiny tvoří podpůrné tkáně (kolagen, keratin, elastin),

složené nazývají se podle nebílkovinné složky (protetické skupiny), př.
fosfoproteidy obsahují kyselinu fosforečnou H_3PO_4 (kazin),
lipoproteiny tukovou složku,
nukleoproteiny nukleové kyseliny, umožňují syntézu bílkovin,
glykoproteiny glycid (mucin) v hmotě podpůrného systému,
chromoproteiny barevnou skupinu (Fe, Cu) hemoglobin, enzymy.

Vlastnosti B udává počet aminokyselin v řetězci a pořadí, v jakém jsou zastoupeny.

Význam bílkovin:

- **stavební součást** všech struktur – př. aktin, kolagen, myozin, keratin, albumin,
- **metabolismus – enzymy, hormony**, transportní látky,
- **obranyschopnost – protilátky**, v některých případech jsou zdrojem energie.

SACHARIDY

- tvoří 10 % z celkového množství organických látek v těle,
- jsou to neutrální polyhydroxyaldehydy a polyhydroxyketony,
- **hydrofilní** látky, tj. rozpustné ve vodě.

Dělení:

jednoduché (monosacharidy): se dělí podle počtu uhlíku (C), př.

triózy (3) glycerinaldehyd, dyhydroxyaceton,
pentózy (5) xylóza, ribóza, arabinóza,
hexózy (6) glukóza ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), galaktóza, fruktóza,

BARVIVA **krevní barvivo** (hemoglobin).

ENZYMY

- jsou **biokatalyzátory**,
- **urychlují a usměrňují** chemické reakce v těle.

Složení:

apoenzym nosič bílkovinné povahy,
specifiku substrátovou (určuje, na který substrát je enzym zaměřen),

koenzym chemické povahy,
podmiňuje **specifiku účinku** (jakým způsobem reakce probíhá).

Dělení podle účinku:

oxidoreduktázy (katalyzují oxidoredukce mezi dvěma substráty), transferázy (přenos skupiny mezi dvěma substráty), hydrolázy (hydrolýzu esterů, peptidů), lyázy (odstraňování skupiny za substrátů), izomerázy (vzájemnou přeměnu izomérů).

1.5.2 ANORGANICKÉ LÁTKY

H₂O: obsah vody v těle je u mužů 61 %, tj. (45 l), žen 52 %, novorozenců 71 %,

- je **rozpuštědlem** látek, **reaktantem**,
- **produktem metabolismu**,
- **transportní substancí** pro určité látky,
- podílí se na **termoregulaci**.

Celková tělesná tekutina (**CTT**) se dělí na:

- **ICT** (intracelulární) 330 ml/ kg tělesné hmotnosti, která stoupá s věkem,
- **ECT** (extracelulární) 270 ml/ kg tělesné hmotnosti. Ta zahrnuje např. tkáňový mok a lymfu (120 ml/ kg), krevní plazmu (45 ml/ kg), vazivo, chrupavku (45 ml/ kg), kost (45 ml/kg), mezibuněčnou tekutinu nitrooční, ve vnitřním uchu, mozkomíšní mok, serózní a synoviální tekutinu, sekrety žláz TS (15 ml/ kg).

PLYNY oxid uhličitý (CO₂), kyslík (O₂), dusík (N₂).

SOLI

- v těle se vyskytují **rozpustné v H₂O**, vázané na organické látky – bílkoviny,
- **nerozpustné** anorganické látky (křemičitany, uhličitany) – v kostech, zubech,
- **disociované** na ionty – volně rozpuštěné v tělních tekutinách.

Význam solí:

- ovlivňují osmózu,
- elektrické a transportní procesy na membránách,
- udržují určité pH prostředí,
- tvoří ochranné a oporné struktury v nerozpustné formě.

Na⁺ v ECT, vazivu,

alkalizuje střevní obsah (zmírňuje kyselost),

udržuje homeostázu (transport přes membránu).

K⁺ v buňkách, udržuje osmotický tlak a pH.

Ca²⁺ v tkáních, tělních tekutinách,

snižuje nervosvalovou dráždivost,

nezbytný pro správné srážení krve,

při nedostatku vznikají křeče, snižuje se prostupnost buněčných membrán.

Mg²⁺ v nervstvu, svalech, játrech,

na výstavbu kostí, zubů.

Fe²⁺ hemoglobin (70 %), myoglobin (4 %), feritin v játrech (15 %),

součást buněčných dýchacích enzymů.

Cl⁻ ECT, ICT, žaludeční šťáve, podkožním vazivu, svalech, játrech,

nejčastější forma výskytu je NaCl.

I ve štítné žláze – je nezbytný pro tvorbu jejích hormonů, které řídí metabolické

pochody všech buněk v těle,

má zásadní význam pro správný vývoj mozkové tkáně plodu i dětí.

F v kostech, zubech.

SO₄²⁻ součást bílkovin.

PO₄³⁻ vyskytuje se jako kyselina fosforečná H₃PO₄,

ve svalech se váže na organické látky a tvoří ATP, ADP.

Stopové množství v těle – **Cu, Zn, Mn, Co.**

2 OBĚHOVÝ SYSTÉM (kardiovaskulární systém)

2.1 KREV

Neprůhledná vazká červená tekutina, proudí v uzavřené soustavě cév.

Obnova krve je **50 ml denně**, celkové množství krve se obnoví **3x za rok**.

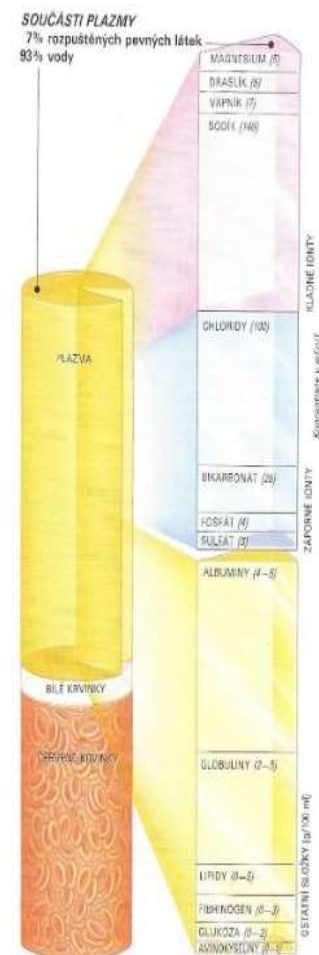
Objem krve je **4,5–6 l** (7–10 % celkové tělesné hmotnosti, 2,4–2,8 l/m²), ženy o 10 % méně.

Hematokrit

- je **procentuální vyjádření objemu erytrocytů v jednotce krve**,
- **hodnoty:** ♂ **44–46 %**, ♀ **39–43 %**,
- během života se mění (př. novorozenci 65 %),
- určuje se centrifugací v tenkých trubičkách.

Sedimentace

- měří **rychlost sesedání krvinek** za čas, 1, 2, 24 h (hustota krvinek > plazmy),
- **normální hodnoty:** ♂ **v = 2–5 mm/hod**,
♀ **v = 5–12 mm/hod**, (zvýšená nad 100 mm/hod),
- rychlost závisí na bílkovinách krevní plazmy, pH, počtu a tvaru erytrocytů, obsahu tuků v plazmě,
- s věkem se rychlost zvyšuje.



Obr. 17 Hematokrit Zdroj: Lidské tělo

Hustota závisí na množství erytrocytů, obsahu bílkovin a vody v krevní plazmě (1,06 kg/m³)

Viskozita závisí na počtu erytrocytů a koncentraci látek rozpuštěných v krvi.

Osmotický tlak

- určují-li **elektrolyty** stejný jako **fyziologický roztok 0,9% O NaCl-izotonický**,
- určují-li **bílkoviny** „**onkotický tlak**“, význam pro výměnu H₂O v buňce.

Funkce krve:

- transport dýchacích plynů, živin, H₂O, solí, vitamínů, hormonů,
- řídí hodnotu krevního tlaku, pH, homeostázu,
- obrana organismu proti infekci – protilátky, leukocyty, schopnost aglutinace,
- termoregulace.

2.1.1 KREVNÍ PLAZMA

Průhledná, nažloutlá, mírně opaleskující tekutina.

Objem plazmy u dospělého člověka představuje 5 % tělesné hmotnosti, tj. 2,8–3,5 l.

Složení: 90–91 % H₂O a 9–10 % rozpuštěných látek, (8 % organických látek),

- organické látky **bílkoviny** (70–80 g/l) – **albuminy** (řídí TK), **globuliny** (imunita, transport tuků), **fibrinogen** (hemostáza), **sacharidy** – hodnota **glykémie (3,6–6,7 mmol/l)**, **tuky** (5–7 g) jako drobné kapénky, **cholesterol** (3,5–5,2 mmol/l) – steroidní látka, podílí se na tvorbě hormonů a vit. D, pomáhá tělu zpracovávat tuky, **MK** (2,5–3,5 g/l), **triglyceridy**, **fosfolipidy**, **enzymy**, **vitaminy**, **nebílkovinné dusíkaté látky** (močovina, kyselina močová, kreatin, amoniak, AMK,),
- anorganické látky **H₂O**, **ionty a sloučeniny**, závisí na nich osmotický tlak, pH, objem plazmy, rozpustnost bílkovin,
Na⁺ (130–150 mmol/l) tlak, pH, objem plazmy,
Ca⁺⁺ (2,3–2,8 mmol/l) nervosvalová dráždivost,
K⁺ (3,8–5,1 mmol/l) dráždivost a činnost srdce,
Mg⁺⁺ nervosvalová dráždivost,
Fe⁺⁺ syntéza hemoglobinu,
-HCO₃⁻ přenos plynů,
dýchací plyny (O₂, CO₂, N),
bikarbonátové ionty uvolňují i váží H⁺ (systém homeostázy).

Hemolýza

- Prasknutí membrány krvinky a obsah vyhřezne do okolní tekutiny,
- nastává v **hypotonickém** prostředí, působením **chemických** vlivů (chloroform, alkohol, rozpouštědla), **fyzikálních** vlivů (teploty, třepání), **jedů** (hadí, pavoučí), **chorob** (hemolytická žloutenka).

Zánik erytrocytů

- Zbytky jsou fagocytovány v RES a v játrech,
- hemoglobin se odbourává na *globin* (štěpí se na AMK) a *hem*,
- *hem* je odbourán na **bilirubin** (žlučové barvivo je vyměšováno žlučí, odchází stolicí),
- **uvolňuje se Fe^{2+}** , je použito na vytvoření nového hemoglobinu,
- 0,8 % počtu erytrocytů se obnoví za 24 hod.

LEUKOCYTY (bílé krvinky)

Jsou pravé buňky, **obsahují jádro**.

Počet **4-10.10⁹/l krve** (4–10 000 buněk/μl krve)

- novorozenci 20.10⁹/l,
- leukopenie je snížené množství (pod 4 000), při chladu, hladovění,
- leukocytóza je zvýšené množství (nad 10 000), po jídle, po práci, v těhotenství,
- během dne se hodnoty mění – ráno nejnižší, odpoledne stoupají.

Funkce:

- **tvorba protilátek**,
- **fagocytóza** (pohlcují) cizí škodliviny proniklé do organismu, makrofágy (monocyty), mikrofágy (neutrofilní, eozinofilní),
- **diapedéza** (améboidním pohybem) pronikají mimo cévy, směr pohybu je určen chemickými vlastnostmi škodlivin, kterými jsou přitahovány (pozitivní chemotaxe).

GRANULOCYTY:

- 75 % všech leukocytů, barvitelná zrníčka v cytoplazmě,
- **neutrofilní** 50–70 %, segmentované jádro (4–5 dílů), žijí 4–5 dní, pohybují se, vystupují z kapilár, rozrušují bakterie, **množství stoupá při infekci, vyskytují se v hnisu**
- **eozinofilní** 1–3 %, jednoduché podkovovité jádro, žijí 10 dní, **množí se u osob se střevními parazity, při alergiích,**
- **bazofilní** 0–1 %, segmentované jádro, hrubá zrna, žijí 10–12 dní, **obsahují heparin** (zabraňuje srážení krve v neporušené cévě).

AGRANULOCYTY:

- 25 %, nesegmentované jádro, **nemá zrníčka,**
- **lymfocyty** 20–40 %, žijí **1** den, jádro vyplňuje celou buňku, vznikají v lymfatických uzlinách, slezině, **tvorba protilátek,**
- **monocyty** 2–8 %, zprohýbané jádro, žije 10–12 dní, **schopnost fagocytózy.**

Alergie, alergické choroby

- př. astma bronchiale, senná rýma,
- není známá příčina přecitlivosti (hledat),
- ochrana před alergeny – léky, vakcíny, pyl (antigen),
- nevyléčitelné, léky pouze tlumí projevy.

Anaflaxe

- přecitlivělost organismu na opětovné vstříknutí cizorodé látky do těla,
- **anafylaktický šok** (porucha dýchání, krevního oběhu).

TROMBOCYTY (krevní destičky)

Jsou úlomky megakaryocytů kostní dřeně, vyplavovány do krve (velikost $\varnothing=1-4 \mu\text{m}$).

Nemají jádro, žijí 5–11 dní, rozpadají se v játrech, plicích, slezině.

Počet **150 000–300 000 / μl**

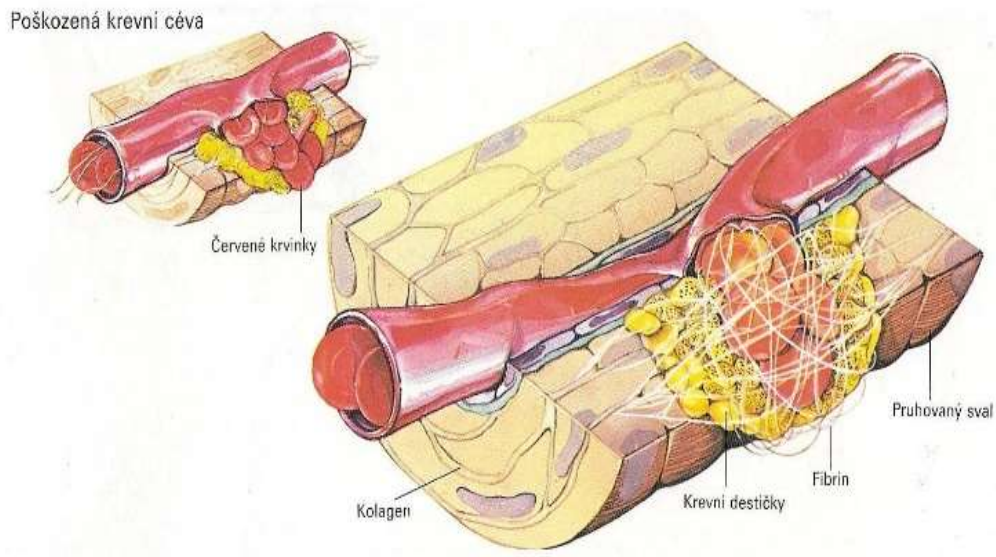
- trombocytóza (zvýšené množství), trombocytopenie (snížené množství)

Funkce:

- podílí se na **srážení** krve a **zástavě krvácení (hemostáza)**,
- **podmiňují stažení** poraněných cév (**serotonin**),
- slepují poraněnou cévu.

Hemostáza (zástava krvácení)

- **1. fáze** **protrombin** (koagulační faktor) + $\text{Ca}^{2+} \rightarrow$ **trombin** (enzym).
Je-li \downarrow vitamínu **K** - \downarrow tvorba protrombinu (*porucha srážlivosti*).
- **2. fáze** **fibrinogen** (rozpuštěný) \rightarrow katalizován trombinem \rightarrow **fibrin**
(nerozpuštěný).
Trombocyty přilnou na poraněnou stěnu cévy (adheze), shluknou se, změní tvar, ucpávají otvor, uvolní účinné látky pro regeneraci poraněné tkáně, **zastavuje se krvácení**, vzniká krevní sraženina **trombus** (7–11 min).
- **3. fáze** **reakce krevního koláče** (rozpouští se fibrinolýzou).



Obr. 19 Hemostáza *Zdroj: Lidské tělo*

2.1.3 IMUNITNÍ SYSTÉM

Rozpoznává vlastní buňky od cizích (**patogenů**) nebo vlastních **pozměněných** (nádorové).

Funkce: zajišťuje obranu těla před napadením a působením patogenů.

Funkční výkonnou jednotkou jsou **lymfocyty**.

Zajišťují **mechanismy nespecifické a specifické** buněčné a látková imunity.

NESPECIFICKÁ IMUNITA

- **Přirozená** odolnost (rezistence) proti původcům infekcí, patogenům a nádorovým buňkám,
- rychlejší nástup než mechanismy specifické imunity,
- podmíněna **geneticky**,
- **nezávislá** na předchozím kontaktu s cizorodým materiálem.

Způsob obrany:

- **mechanické bariéry** nepropustnost kůže a sliznic, pot (močovina, soli),
- **sliny, slzy** **lysozym** (enzym) ničí bakterie,
- **chemické látky** HCl v žaludku,
- **horečka** obrana proti infekci (pyrogeny),
- **bolest** informuje o poškození a nebezpečí,
- **zánět** zčervenání tkáně, zduření, teplota – v místě je ničena infekce, často i vlastní tkáň, vzniká hnis.

Druhy obrany:

- **buněčná** **fagocytující b.** (granulocyty, makrofágy, monocyty),
(*Fagocytóza* – aktivní pohyb fagocytů → přilnutí → pohlcení → likvidace)
- **látková** **interferony** – znemožňují množení virů,
pyrogeny – zvyšují teplotu,
kininy – rozšiřují cévy pro průchod fagocytujících b.,
serotonin – stažení poraněných cév.

SPECIFICKÁ IMUNITA

- je **získaná**,
- je založená na **reakci antigenu** (vir, bakterie) s **protilátkou** (imunoglobuliny),
- má **pomalejší** nástup,
- má schopnost pamatovat si, má jiný průběh u opakovaného setkání.

Druhy obrany:

- **buněčná** **lymfocyty**,
- **látková** **imunoglobuliny**.

T-lymfocyty:

- zodpovídají za **buněčnou** imunitu,
- vznikají z buněk kostní dřeně, jsou upravovány v brzlíku,
- druhy: **T_C** (cytotoxické) **vlastní výkonné** buňky,
T_H (pomocné) **stimulují B-lymfocyty k tvorbě protilátek,**
stimulují T-lymfocyty k činnosti,
omezují nádorové bujení,
ničí buňky cizorodých tkání při transplantacích,
T_S (supresorové) **tlumí aktivitu T_H, B-lymfocytů.**

B-lymfocyty:

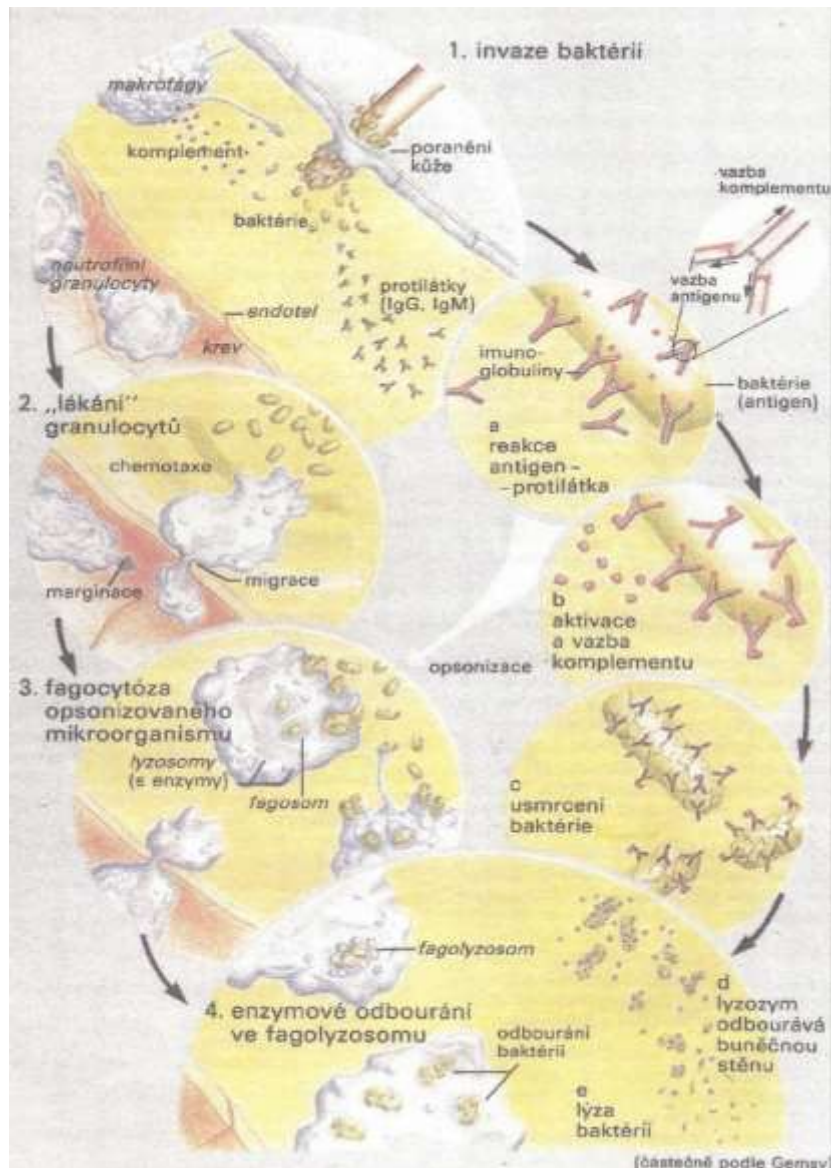
- zodpovídají za **látkovou** imunitu,
- vznikají z kostní dřeně, zde dozrávají, upravovány v mizních uzlinách, slezině,
- **tvorí protilátky** – **imunoglobuliny** různých typů (IgG, IgM, IgA, IgE).

Průběh imunologické odpovědi

- T-lymfocyty **napadnou** antigen, **naváží se** na jeho povrch, **předají** informaci,
- B-lymfocyty **rozpoznají** příslušné antigeny – **reagují s vazebnými místy** proteinů na membráně imunoglobulinů a **tvorí se protilátky**,
- část informace se uchová v paměťových buňkách,
- **proliferace** (namnožení) B-lymfocytů:
plazmatické buňky odpovídají za **tvorbu protilátek,**
likvidují antigeny, patogeny,
paměťové buňky **uchovávají si informaci** o antigenu.

Imunizace

- **přirozená** prodělání choroby (i skrytě),
- **umělá** **aktivní** očkování **zeslabenými** viry, bakteriemi nebo jejich částmi (př. pravé neštovice, žloutenka, TBC),
- pasivní** očkování **hotovými** protilátkami.



Obr. 20 Fagocytóza bakterií (1-4) a jejich extracelulární lýza (1a-e) Zdroj: Atlas fyziologie člověka

KREVNÍ SKUPINY

Jan Janský (1873–1921) neurolog, psychiatr

Považován za objevitele 4 krevních skupin.

1907 provedl správnou klasifikaci 3 skupin, do té doby známých a objevil IV. – AB.



Obr. 21a Jan Janský

Zdroj: www.google.cz

- **Krevní skupina**, přesněji krevní typ, je popis vlastností (bílkovin a sacharidů) na membráně červených krvinek jedince.
- Krevní skupina je **určena antigeny**, které jsou tvořeny z čistých bílkovin nebo bílkovin s polysacharidy. **Nepřítomnost** některého z nich **vede** k přirozené **produkci** příslušných **protilátek**.
- Smíchá-li se krev určitého člověka se sérem jiného, může nastat **aglutinace** (shluknutí).
- Aglutinace se normálně nevyskytují, ale mohou se vytvořit.
- Nejznámější v lidských krvinkách je tzv. ABO systém, MNS-systém, systém **Rhesus faktor** (Rh⁺, Rh⁻) a jejich kombinace
- Je známo zhruba dalších 40 lidských krevních typů. Vyskytují se mnohem méně.

Uložení:

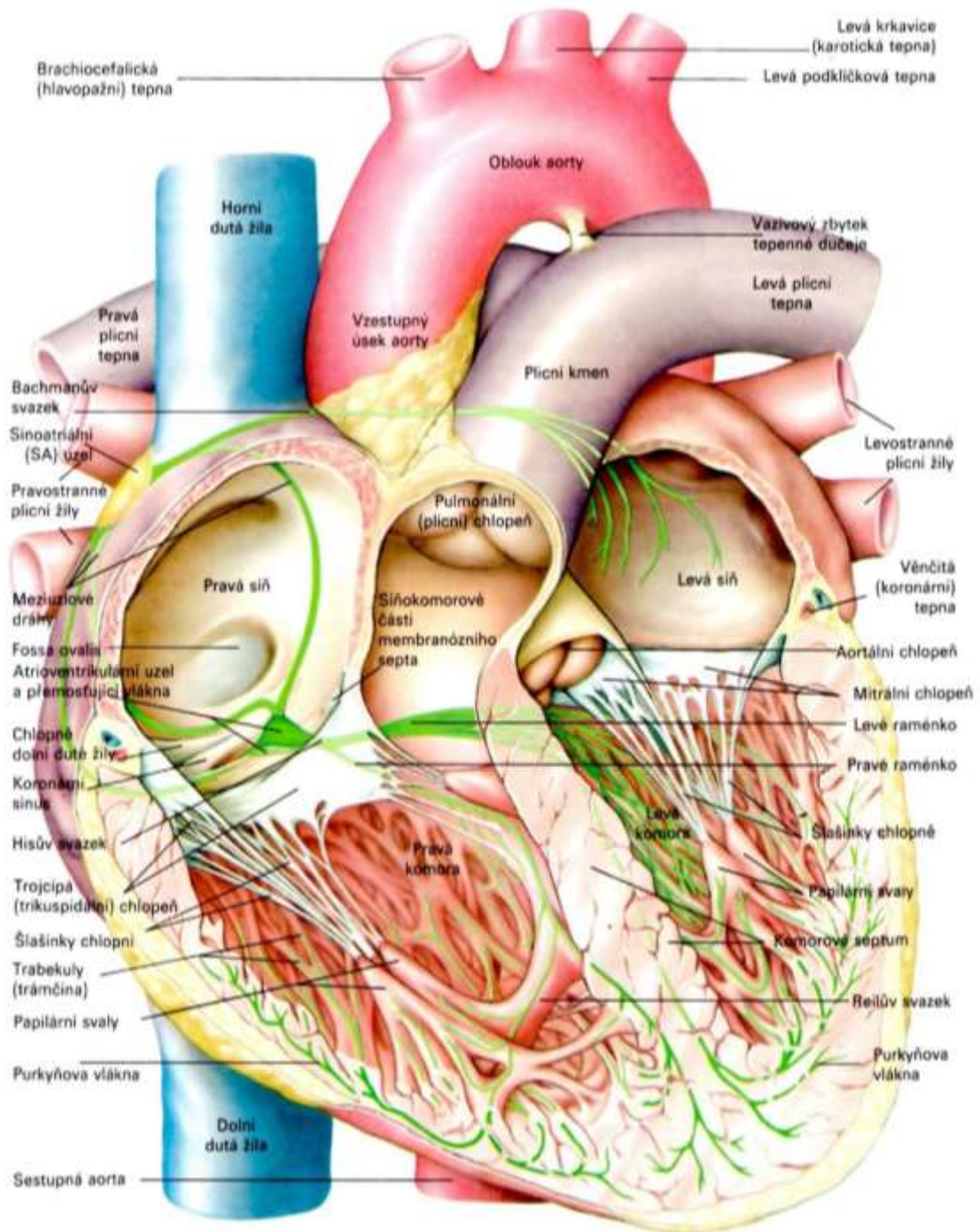
- **antigen** (aglutinogen) **na krvinkách** (mukopolysacharid),
- **protilátka** (aglutinin) **v plazmě** (γ-globuliny).

KREVNÍ SKUPINA	% LIDÍ PŘÍSLUŠNÉ KREVNÍ SKUPINY (Stř. Evropa)	ANTIGEN (na krvinkách)	PROTILÁTKA (v plazmě)
O	38–40	žádný	anti-A, anti-B
A	40–42	A	anti-B
B	14–15	B	anti-A
AB	6–7	AB	žádný

Obr. 21 b Přehled ABO systém Zdroj: autor

2.2 SRDCE (cor)

- Nepárový, dutý svalový orgán, mající **hmotnost 270–320 g** a tvar trojboké pyramidy (hrot doleva dopředu, v 5. mezižebří),
- Je uloženo v osrdečnickovém vaku (**perikard**).



Obr. 22 Srdce Zdroj: Lidské tělo

Stavba:

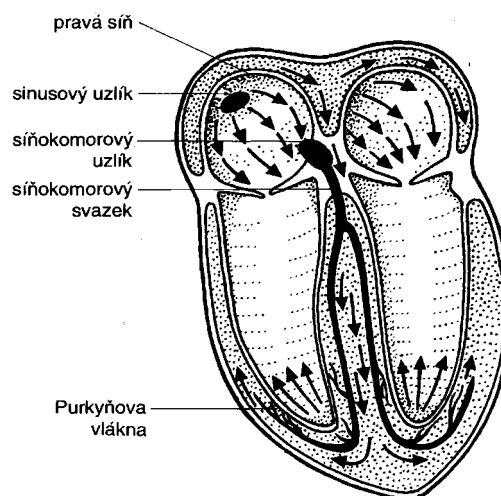
- **epikard, myokard** (s vlastní automacií), **endokard**,
- **přepážka srdeční** (septum cordia),
- **předsíň** (atrium), **komora** (ventriculus), síňokomorový otvor,
- **chlopně cípaté** (mitrální), šlašinky, brdečkové svaly,
poloměsíčitě brání návratu krve z tepen do komor,
- **tepny věnčité** nastane-li zúžení cév (**ateroskleróza**), ucpání (**infarkt**).

Funkce: umožňuje oběh krve.

Vlastnosti myokardu jsou automacie, dráždivost, vodivost, stažlivost.

Automacie

- zprostředkována převodním systémem,
- systém **sinusový** (atriální) a **síňokomorový** (atrioventrikulární) **uzlík**,
Hissův můstek, **Tawarova raménka**, **Purkyňova vlákna**,
- **primární centrum** **TF = 70x/min** (lze nahradit kardiostimulátorem),
- **sekundární centrum** **TF = 35x/min** (zálohové).



Obr. 23 Automatický převodní systém Zdroj: Biologie člověka

- **Diastola síní** ↑nitrohruční tlak při vdechu – nasávání krve do dutých žil, papilární svaly vtáhnou do komor cípate chlopně – rozšíří síň – nasaje krev,
- **systola síní** ↑ tlak v síních převýší tlak v komorách, otevřou se cípate chlopně – stah, vypuzení krve,
- **diastola komor** tlak ↓ než v síních – otevřou se cípate chlopně – plnění rychlé pak pomalé – (diastolický tlak),
- **systola komor** *fáze napínací* – uzavírají se cípate chlopně – vyklenují se do síně, tlak v komorách převýší tlak v aortě a art. pulmonalis – otevřou se poloměsíčité chlopně, *fáze vypuzovací* – krev do tepen (systolický tlak), tlak ↓, uzavřou se poměsíčité chlopně.
- Srdeční činnost závisí na **tepenném objemu (Qs)** a **tlaku** v aortě.

Ukazatelé srdeční činnosti

Srdeční frekvence (SF): 70 cyklů/min

- ovlivňují genetické dispozice,
- ↑teplota jádra (↑o 1°C=↑ SF o 10 tepů/min), poloha těla, fyzická zátěž, (↑SF max až do 200/min), psychická zátěž (↑SF až na 150–170/min), trávení, únava, látkové vlivy (adrenalin, kofein, efedrin),
- ↓ trénovanost, chlad, spánek,
- **kritická SF 220 – věk** mění se s věkem-zkrácení diastoly, srdce se nestačí naplnit krví, selhává.

Systolický tepový objem (Qs): Qs = 60–80 ml práce Qs = 100–150 ml

- množství krve vypuzené 1 systolou,
- na konci systoly zůstane v srdci 50 ml krve.

Minutový objem srdeční (Q`): Q = 3 l/m² povrchu těla (5 l/min)

- množství krve, které přečerpá jedna komora za minutu,
- výpočet = SF x Qs (srdeční objem),
- při zátěži Q`=20-30 l/m²

Projevy srdeční činnosti

mechanické:

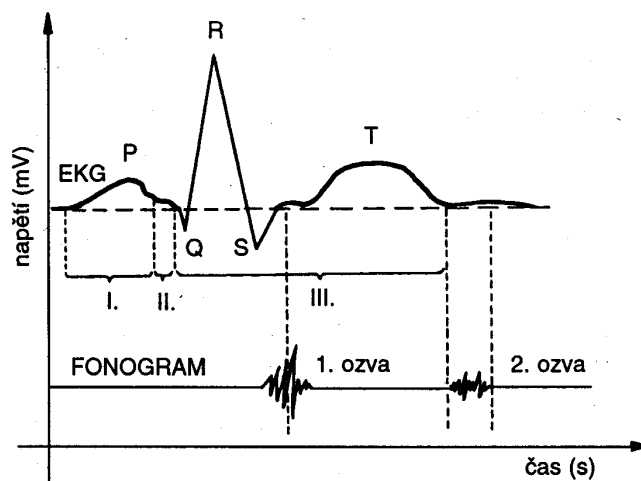
- úder srdečního hrotu jsou hmatné v 5. mezižebří vlevo,
- **arteriální pulzová vlna (tep)** tlakově objemová vlna,

akustické - srdeční ozvy:

- slyšitelné při uzavírání chlopní, čisté, přesně ohraničené,
- **první** (systolická) hlubší, delší, uzavřením cípátých chlopní,
- **druhá** (diastolická) vyšší, kratší, uzavřením poloměsíčitých chlopní,
- **třetí** nebývá vždy slyšitelná, otevřením cípátých chlopní,
- **šelesty** vznikají zúžením (stenózou) ústí, nedomykavostí (insuficience), změnami tlaku nebo směru proudu krve,
- grafický záznam ozev – **fonokardiogram**,

elektrické (EKG):

- změny elektrických potenciálů znázorněny jako pozitivní a negativní vlny a kmity, jsou označeny P, Q, R, S, T,
- hodnotí se SF, sinusový rytmus, pravidelnost srdeční akce, směr elektrické osy srdeční, velikost a délka vln (P, Q, R, S, T) i úseků a jejich poloha k izoelektrické linii,
- poruchy rytmu **respirační arytmie** (fyziologické), zrychlení SF při vdechu, zpomalení SF při výdechu, **extrasystoly** (patologické), předčasné stahy.



Obr. 24 EKG. Vysvětlivky: úsek I. (vlna P) stah síní, úsek II. převod vzruchu můstkem, úsek III. (komplex QRST) odpovídá stahu komor. *Zdroj: Biologie člověka*

2.3 KREVŇÍ CÉVY

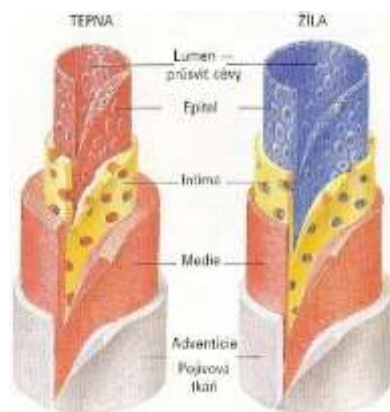
Tepny (artérie):

- vedou **krev ze srdce** – artérie – arterioly – vlásečnice (průsvit se zvětšuje)
- stavba vnější vrstvu tvoří **vazivo** a vegetativní **nervy**, střední **hladké svalstvo** (reguluje průsvit cévy), vnitřní **endotel** (brání srážení krve na stěně cév).

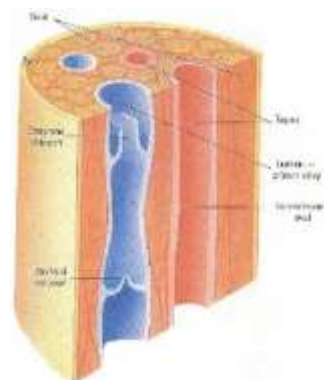
Žíly (vény):

- odvádějí **krev z vlásečnic** přes žilky a žíly do srdce,
- tenčí stěny – menší tlak,
- párové **kapsovitě chlopně**,

Drobné tepénky a žilky spojují **arteriovenózní anastomózy**.



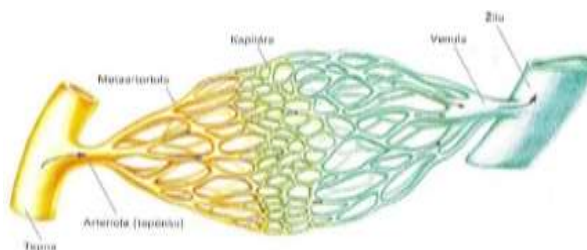
Obr. 25 Cévy Zdroj: Lidské tělo



Obr. 26 Cévy ve svaly Zdroj: Lidské tělo

Vlásečnice (kapiláry):

- tenounké cévy $\varnothing = 5-25 \mu\text{m}$, $l = 0,5 \text{ mm}$, celková plocha = $6\,200 \text{ m}^2$
- vyskytují se téměř ve všech tkáních, mají schopnost **regenerace**,
- **sinusoidy** spojky mezi vlásečnicemi.



Obr. 27 Vlásečnice Zdroj: Lidské tělo

Funkce: výměna O_2 , CO_2 , H_2O , látek mezi krví a tkáňovým mokem.

2.4 KREVŇNÍ OBĚH

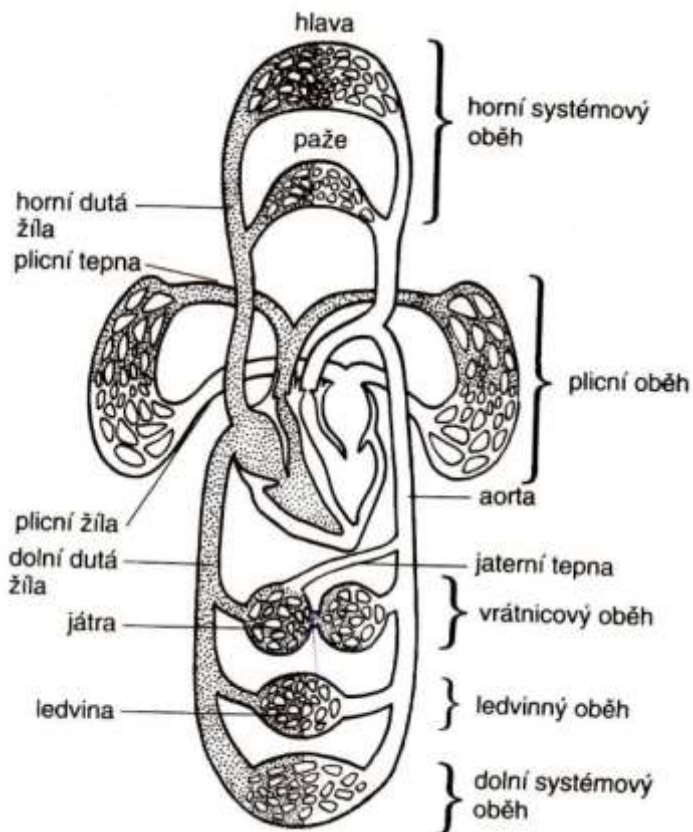
Uzavřená soustava dutých cév s nepřerušovaným, plynulým proudem krve.

Pohyb krve je **udržován**: činností **srdce**,
činností **kosterního svalstva**,
negativním tlakem v hrudníku **při vdechu**.

Dělení oběhu:

- podle rozsahu malý (plicní, centrální, funkční), velký (systémový - ledvinový, vrátnicový, periferní horní a dolní),
- podle tlaku vysokotlaké řečiště (arteriální), nízkotlaké (venózní),
- podle funkce distribuční (arteriální), difuzní (kapilární), sběrný (žilní).

Doba oběhu krve velkým oběhem trvá 21–26 sec, malým oběhem 4–5 sec.



Obr. 28 Krevní oběh Zdroj: Biologie člověka

Malý krevní oběh

Začíná v **pravé komoře**, z ní vede krev ochuzenou o kyslík **tepnu (arterie pulmonalis)** do kapilár obklopující alveoly v **plicích**. Zde se krev okyslíčí a vrací se **žilou (venae pulmonalis)** do **levé síně**.

Velký krevní oběh

Začíná v **levé komoře**, z ní vede krev obohacenou o kyslík **aortou**, z které odstupují **tepna hlavopážní** (pravá společná krkavice, pravá tepna podklíčková), **levá společná krkavice, levá tepna podklíčková**. Sestupná část aorty je bránicí rozdělena na hrudní oddíl (jícen, průdušky, mezižeberní tepny) a břišní oddíl (*párové větve* – bránici, nadledvinky, ledviny, pohlavní žlázy, *nepárové větve* – žaludek, játra, slinivka břišní, slezina, tenké a tlusté), na který navazují **2 tepny kyčelní** (*vnitřní* část zásobuje močový měchýř, pohlavní orgány, konečník, *vnější* část dolní končetiny) končící ve **vlásečnicích**. Zde jsou předány látky (kyslík, živiny) do tkáňového moku a do krve jsou zpět přijaty metabolity, které se vrací **žilkami a žilami, horní a dolní dutou žilou** do **pravé síně**.

Oběh vrátnicový

- je součástí velkého oběhu v dutině břišní.
- Ze stěn **žaludku, střev, slinivky, sleziny** se odvádí živiny **vrátnicovou žilou** – do **jater** (větví se k jaterním lalůčkům až buňkám) → **předání živin** vstřebaných v nepárových orgánech dutiny břišní. Z jater → **jaterní žíla** → **dolní dutá žíla**.

Mechanismy udržující cévní cirkulaci

- Množství protékající tekutiny je: přímo úměrné tlaku,
nepřímo úměrné odporu trubice.
- Rychlost proudu závisí: přímo na tlaku a na čtvrté mocnině průměru trubice,
nepřímo na viskozitě tekutiny a délce trubice.

Distribuční oběhový systém

KREVNÍ TLAK: **TK = 120/80 torrů** (16/11 kPa)

- je dán činností srdce, množstvím krve v tepnách, viskozitou, odporem cévní periférie (při vazokonstrikci ↑ TK, při vazodilataci ↓TK),
- **závisí** na věku, pohlaví, poloze těla, činnosti orgánů, emocích, teplotě,
- **kolísá během dne** (nejnižší ráno, nejvyšší odpoledne).
- klesá zvolna v oběhu od LK do dutých žil – aorta (130 torrů), kapiláry (30 torrů), vény (10 torrů), vena cava (-2 torrů),
- Naměřené hodnoty **TK systolický (TKs), TK diastolický (TKd).**
- Vypočítané hodnoty: **TK pulzový (TK_p=TK_s-TK_d),
TK střední (TK stř=TK_d+1/3TK_p).**

TEPOVÁ VLNA (pulsová):

- vzniká při objemu vypuzeném do cév,
- na periférii je hmatná jako tep (puls), **TF 72 tepů/min** (↑u dětí, ↓sportovci),
- **tepny:** **v = 5–8 m/sec**, nezávisle na proudu krve,
při zátěži se přívod krve zvýší, nastává **kompensační vazokonstrikce** (zúžení krevního řečiště v orgánech málo činných).

Difuzní oběhový systém:

- **mikrocirkulace** pohyb tekutin v krevních kapilárách a v oblasti lymfatického a tkáňového moku,
- **vlásečnice** **vlastní funkční částí** krevního oběhu (**výměna látek a plynů**),
pomalé prodění, nízký tlak, roztažitelné stěny,
- výměna látek difúze (60 l/min), filtrace, resorpce, zbytek odchází lymfatickým systémem.

Sběrný oběhový systém:

- **žily** zajišťují návrat krve do srdce ($v = 0,5-1 \text{ cm/sec}$),
- žilní návrat je udržován tlakovým spádem, kontrakcí svalstva, žilními chlopněmi, zvýšením negativního nitrohručního tlaku při vdechu.

Krevní oběh v některých oblastech:

- **plice** vytváří se zde centrální krevní oběh **600–650 ml**,
funkce cév – zásobárna krve,
- **játra** **zásoba 500 ml**, v klidu – 1500 ml/min,
při zátěži – vážne návrat krve – hromadí se – roztahuje jaterní tkáň – dráždí nervová zakončení – píchá pod pravým žeberním obloukem,
- **slezina** zadržuje-li větší množství krve – píchání pod levým žeberním obloukem
- **podkožní cévy** zásoba až **500 ml**, dle potřeby do oběhu,
- **srdce** krví zásobují věnčité tepny,
- **mozek** nepřetržitý přívod krve **75 ml/min**,
spotřeba O_2 – odpovídá 20 % spotřeby celého organismu,
↑ spotřebuje mozková a mozečková kůra (centrum zraku, sluchu, pohybu).

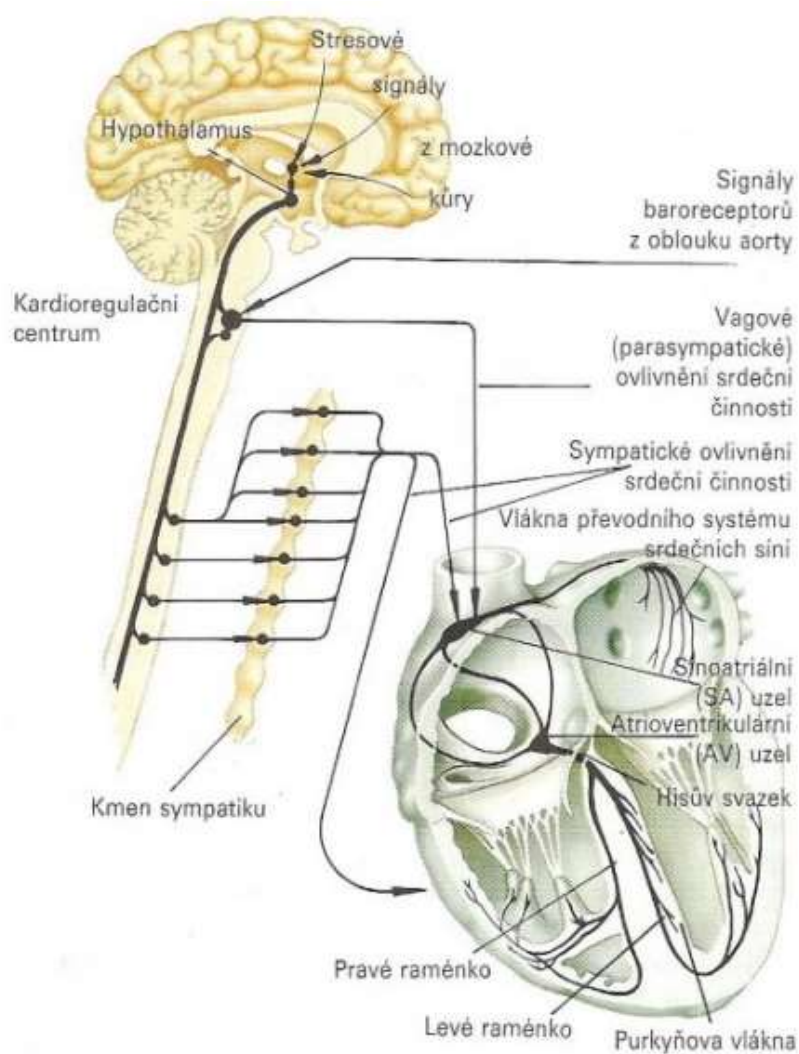
Řízení krevního oběhu

Řízení srdeční činnosti:

- **centrum** **prodloužená mícha**,
vyšší centra CNS,
- **nervové** **AVS**,
- **reflexně** ↑ sympatikus – vzrušivě,
↓ parasympatikus – tlumivě,
- **látkově** ↑ **adrenalin, TSH**,
↓ **acetylcholin**.

Řízení činnosti cév:

- **centrum** prodloužená mícha,
- **nervové** AVS,
- **reflexní** podmíněné reflexy z mozkové kůry, emoce, představy,
- **látkové** vazodilatace – **histamin, acetylcholin, CO₂, nedostatek O₂** (v krvi i tkáních),
vázokonstrikce – **adrenalin** (v kůži), **noradrenalin** (svalech).



Obr. 29 Řízení srdeční činnosti *Zdroj: Lidské tělo*

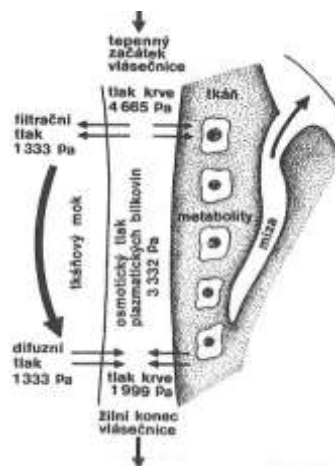
2.5 TKÁŇOVÝ MOK

Tkáňový mok společně s plazmou patří do mimobuněčné tekutiny.

Množství tkáňového moku tvoří 20 % tělesné hmotnosti, přibližně **11 litrů**.

Tvorba

- **filtrací z krve** v krevních vlásečnicích /přestup vodných roztoků látek –
- na základě rozdílů TK krve a onkotického tlaku (reabsorpce, difúze).
- Vlásečnicemi prochází všechny látky z plazmy kromě bílkovin.



Obr. 32 Mizní soustava Zdroj: Biologie člověka

Složení

- jako krevní plazma **bez bílkovin**,
- složka **cévní** (5 % tvoří plazma) téměř stálá,
tkáňová (15 % tvoří tkáňový mok), mění objem podle obsahu vody,
brání zředění krve.

Funkce:

- **zajišťující výživu** tkáňových buněk,
- **doplňuje se** z něj krev při krváceních, průjmech, popáleninách (dočasně),
- při nadbytku vznikají otoky (edémy),
- při nedostatku nastává odvodnění (dehydratace).

Poruchy funkce mohou nastat při tělesné práci (rozsáhlé pocení, klesá exkrece moči a stoupá koncentrace solí).

2.6 MÍZNÍ SOUSTAVA (lymfatická)

Není součástí oběhového systému.

Jednosměrná dráha z mezibuněčných prostor do žilní krve.

Soustavu tvoří mízní cévy, uzliny, mandle (krční, nosní), brzlík, slezina, slepé střevo.

Míza (lymfa)

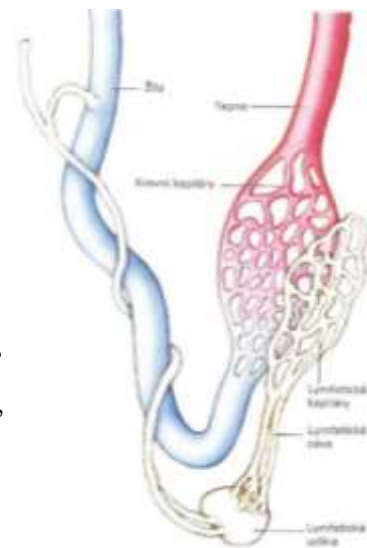
- čirá až bíle zakalená tekutina, vzniká z tkáňového moku, mění se podle druhu tkáně,
- tvoří se 2–4 l/denně,
- složení jako plazma, krvinky (do krve diapedézou), leukocyty, lymfocyty.

Cévy

- začínají jako **slepé kapiláry** v tkáňovém moku,
- v orgánech – skrz **lymfatické uzliny** - hrudním mízovodem – do oběhu,
- pohyb se udržuje **činností svalstva**.

Uzliny

- **bělavé uzlíky** (10–25 mm) tvořené síťovitou tkání,
- hromadí se zde lymfocyty, fagocytující makrofágy,
- „bariéra“ proti zánětu (zvětšují se, zachycují nádorové buňky).



Obr. 30 Mízní cévy Zdroj: Lidské tělo

Funkce:

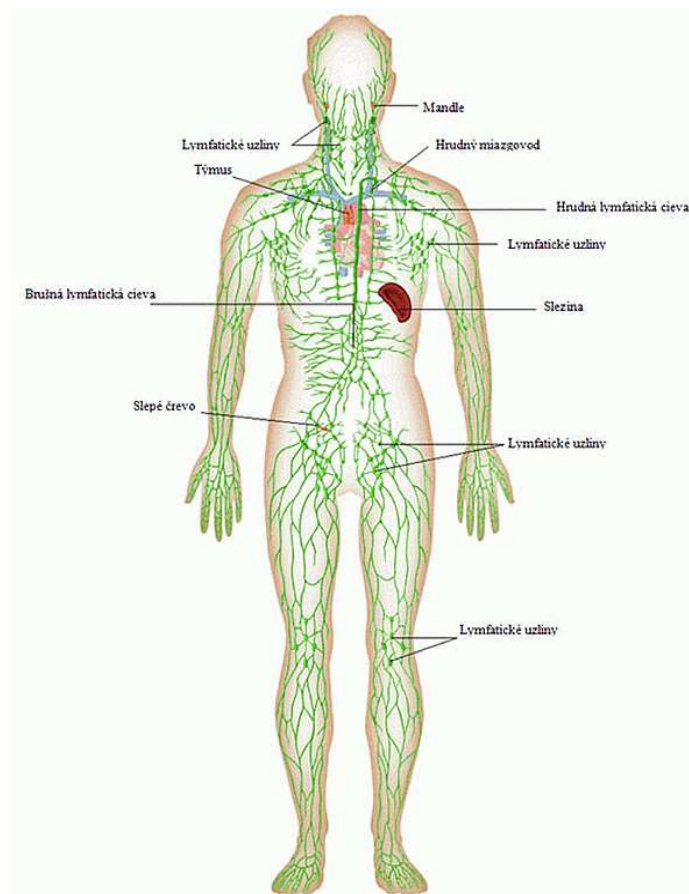
- **odvádí přebytek tkáňového moku** zpět do krve – porucha (otoky), za 24 h se vrátí 2,5–3 l lymfy do krve,
- **odvádí vysokomolekulární látky, metabolity** z tkání do žilní krve, **tuky** z TS.

Slezina (lien)

- největší nakupení lymfatické tkáně v těle,
- uložení pod levou klenbou brániční, při páteři,
- denně protéká až 250–300 l krve,
- tvar „kávového zrna“ (délka 10–12 cm, šířka 6–8 cm, tloušťka 3–4 cm),
- složena z **červené dřene** (v mezibuněčných prostorech *trámčitých buněk* vznikají erytrocyty) a **bílé dřene** (*uzlíčky tkáně* /z lymfocytů/ a *monocyty* /se přemění na makrofágy, odbourávající erytrocyty/ – až 90 %).

Funkce:

- odbourávání erytrocytů,
- zdroj lymfocytů,
- tvorba protilátek,
- krevní rezervoár,
- fagocytární orgán.



Obr. 31 Mízní soustava *Zdroj: Lidské tělo*

3 DÝCHÁNÍ

Hlavními ději je **výměna plynů** (O₂ za CO₂ a vodní páry) a **tvorba hlasu**.

DÝCHACÍ CESTY

Nosní dutina (cavatum nasale)

- zajišťuje ochranu před cizími částicemi (řasinkatý epitel, hlen),
- oteplení chladného vzduchu a nasycení vzduchu vodními parami,
- vnímání (percepce) vůní a pachů.

Nosohltan (nosophagus)

- má význam při nespecifické imunitě,
- dráždění sliznice vyvolá nepodmíněný reflex – kýchnutí.

Hrtan (larynx)

- obsahuje záklopku (epiglottis), zabraňující vniknutí potravy do dýchací trubice,
- nachází se zde hlasivky. Čím jsou delší, tím je hlas hlubší (muži).

Průdušnice (trachea)

- místo tracheostomie, používané při umělé ventilaci.

Průdušky (bronchi), **průdušinky** (bronchioly)

- rozvádí vzduch až ke sklípkům,
- při dráždění vyvolají nepodmíněný reflex – kašel,
- zúžení (bronchospasmus) průdušek nastává při dráždění parasymptiku, působení histaminu spolu s chladným vzduchem a zátěží.

Alveoly

- jsou bohatě prokrveny. Zde probíhá přestup plynů do krve.

„Mrtvý prostor“ plic

- místa, kde neprobíhá výměna plynů,
- **anatomický** /dýchací cesty až po respirační bronchioly (1/3Vt, 150 ml) /,

- **fyziologický** (**anatomický** + **objem** plynu v **neaktivních** alveolách + **objem** plynu v alveolách **bez difuze**),
- U zdravé osoby jsou tyto hodnoty téměř stejné.

PLÍCE

- pravá (3 laloky), levá (2 laloky),
- **pleury** – **pohrudnice** (stěny hrudníku), **poplicnice** (kryje plíce),
- pohrudniční štěrbinu vyplněna **pleurálním mokem** umožňující posun, vnikne-li do ní vzduch (**pneumothorax**).

Vlastnosti plicní tkáně

- **pružnost** (snižuje se s věkem),
- **poddajnost**,
- **rozpínání plic** (kompliance – vyjádření elastických vlastností plic),
 $C = (V_{pulm}) \text{ změna dechového objemu} / (P_{pulm}) \text{ změně tlaku za 1 dechovou fázi}$,
nejvíce se rozpínají periferní části, nejméně hrotová oblast, zádový povrch, mezihrudí, vůbec ne u plicních hilů.

Plicní oběh

- **funkční** je ovlivňován změnami nitrohruďního tlaku, nižší tlak než je sTK,
- **nutriční** k výživě tkáně (rami bronchiales), nepodílí se na výměně plynů.

Význam oběhu:

- zajištění **výměny** plynů,
- **rezervoár** objemu krve,
- mechanický a chemický **filtr** pro systémový oběh.

Cestu dýchacích plynů lze rozdělit na etapy

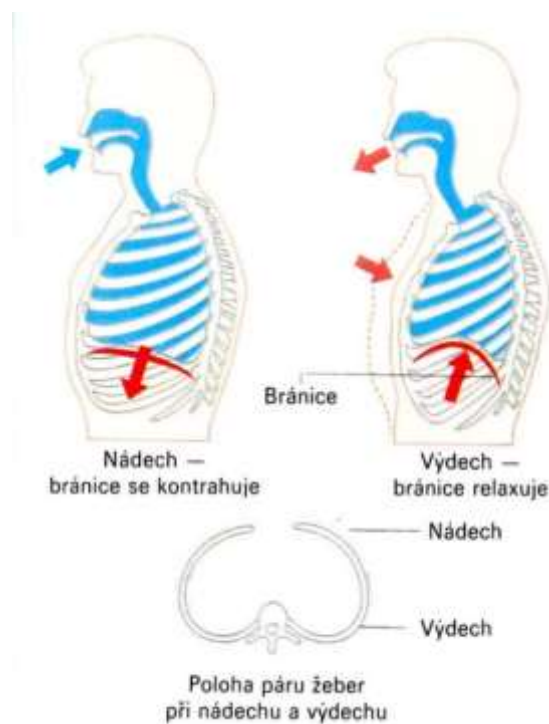
- **ventilace** výměna plynů mezi **atmosférickým** a **alveolárním** vzduchem,
- **respirace** výměna plynů mezi **alveolárním** vzduchem a **krví** (z plic),
- **transport** dýchacích plynů,
- **tkáňové** (buněčné, vnitřní) **dýchání** – výměna plynů mezi **krví** a **tkáněmi**.

3.1 VENTILACE

Složení vzduchu	O ₂ [%]	CO ₂ [%]	N ₂ [%]
atmosférický	21	0,03	79
alveolární	14	5,6	80,3
vydechovaný	16	4	79,3

Mechanismy ventilace

- **vdech** (inspirium) aktivní, činnost dýchacích svalů (bránice, mezižeberní, pomocné dýchací svaly – krční, prsní),
- **výdech** (expirium) pasivní, delší, vytlačení bránice tlakem nitrobřišních org., při námaze – mezižeberní svaly, pomocné – břišní svaly.



Obr. 33 Mechanismy ventilace Zdroj: Lidské tělo

Dýchací zvukové fenomény

- **fyziologické** sklípkové (alveolární), **trubicovité** (jen nad bronchy),
- **patologické** suché (pískoty, vrzoty – astmatický záchvat, pleurální tření – zánět pohrudnice),
vlhké (přízvučné – zánět plic, nepřízvučné – městnání krve).

Způsob dýchání

- **žeberní** (kostální) **horní** 2. – 5. žebra, zvedá se **sternem, předozadní směr**,
spíše u žen,
zevní mezižeberní sv. (vdech), břišní, vnitřní mezižeberní
sv. (výdech),
dolní: 6. – 10. žebra, **rotace žeber, rozšíření do strany**
spíše u mužů,
- **brániční, břišní** (abdominální) **klid 1–2 cm, práce 5–7 cm**,
podílí se 55 % na celkové plicní ventilaci, spíše u dětí,
- **smíšený typ** (kostoabdominální) nejčastější.

Rozdíl obvodu hrudníku při maximálním vdechu a výdechu je 5–8 cm.

Typy dýchání:

- eupnoe normální, klidové,
- dyspnoe namáhavé (dech prudší, výdech aktivní, nouze o dech),
- polypnoe zrychlená frekvence dýchacích pohybů,
- oligopnoe zpomalená frekvence dýchacích pohybů,
- hyperpnoe prohloubené dýchání s větší ventilací,
- apnoe zadržení dechu, bezdeší.

Rychlost proudění vzduchu

- **vdechovaného** **max. 6 m/s**,
- **vydechovaného** **max. 8 m/s**, v zátěži 50–70 m/s,
kašel, kýchání max 280 m/s.

Obranné mechanismy

- hlen, řasinkový epitel,
- reflexy: centrum v prodloužené míše,
kýchání, kašel,
zástava dýchání při polykání,
působením chemických látek (čpavek).

3.2 RESPIRACE

Význam:

- zajistit výměnu plynů,
- co nejvyšší přísun O_2 pro oxidaci živin.

Respirace závisí:

- difúzní schopnosti plicní tkáně,
- ventilace alveolu,
- průtoku krve plícemi.

Respirační koeficient

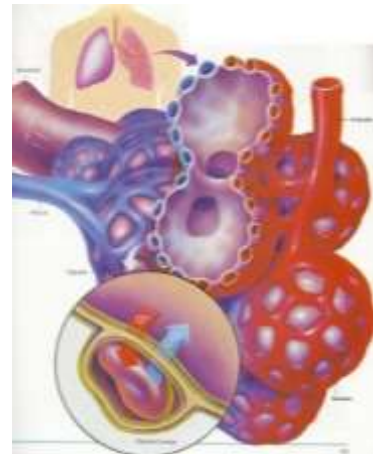
- $R = V_{CO_2} / V_{O_2}$ (0,75–1,0)
- objem vydechaného vzduchu < objem vdechovaného vzduchu za ustáleného stavu nebo v klidu.

Difuze

Výměna plynů na alveolo-kapilární membráně.

Závisí

- přímo tlakovém spádu,
prokrvení (počtu kapilár),
průtoku krve (Q),
- nepřímo hustotě plynů.



Obr. 34 Difuze Zdroj: Lidské tělo

Tlakový spád

- je dán rozdílem tlaků plynů v alveolárním vzduchu a venózní krvi,
- alveolární vzduch $p_{O_2}=100$ torrů (13,3 kPa), $p_{CO_2}=40$ torrů (5,3 kPa),
- venózní krev $p_{O_2}=40$ torrů (5,3 kPa), $p_{CO_2}=46$ torrů (6,1 kPa),
- pro O_2 tlakový gradient 60 torrů → z alveol do kapilár,
- pro CO_2 tlakový gradient 6 torrů → z kapilár do alveol.

Rychlost difúze

- udává **absorpční koeficient**,
- tj. množství plynu, které se **rozpustí v 1 ml tekutiny při 100 kPa**.

Přes membránu projde 250 ml O₂/1 min. CO₂ difunduje 200x rychleji než O₂.

Změny v koncentracích dýchacích plynů

- **hyperkapnie** ↑pCO₂ v krvi, ↓ pH, při hypoventilaci,
respirační acidóza (nouze o dech) – běh, plavání,
- **hypokapnie** ↓CO₂ v krvi, ↑pH, při hyperventilaci,
respirační alkalóza, bolest hlavy, zástava dýchání, křeče,
- **hypoxie** (↓O₂) nedostatek v okolí,
- **asfyxie** (dušení) topení, dušení novorozence pupeční šňůrou.

Poruchy transportu dýchacích plynů

- Kesonová (potápěčská) nemoc,
- horská (výšková) nemoc,
- aeroembolismus – změna tlaku při prudkém stoupaní letadel do výšky.

3.2.1 PŘENOS O₂

Způsoby přenosu:	hemoglobin (Hb)	98,5 % ,
	fyzikálně rozpuštěn v plazmě	1,5 %.

Vazba na hemoglobin

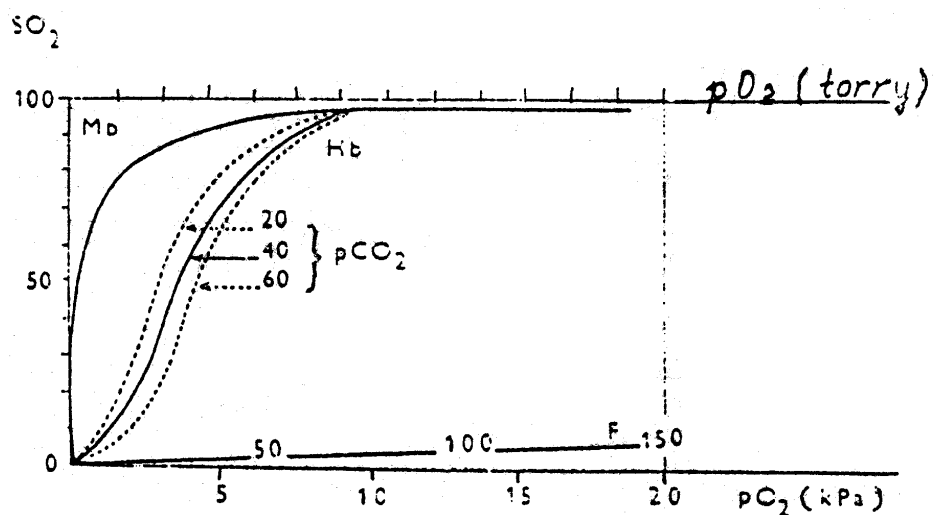
- je labilní $\text{Hb} + 4 \text{O}_2 \rightarrow \text{Hb}(\text{O}_2)_4$,
- 1 g Hb váže 1,34 ml O₂, 1 l krve váže 200 ml O₂ (5 l krve – 1 l O₂),
- závisí na tlaku: čím je $\uparrow p\text{O}_2$, tím je **lepší navázání O₂ na Hb**,
čím je $\uparrow p\text{CO}_2$, \uparrow teplota, \downarrow pH, tím se **lépe uvolňuje O₂ z Hb**.

Vazbová (disociační) křivka O₂

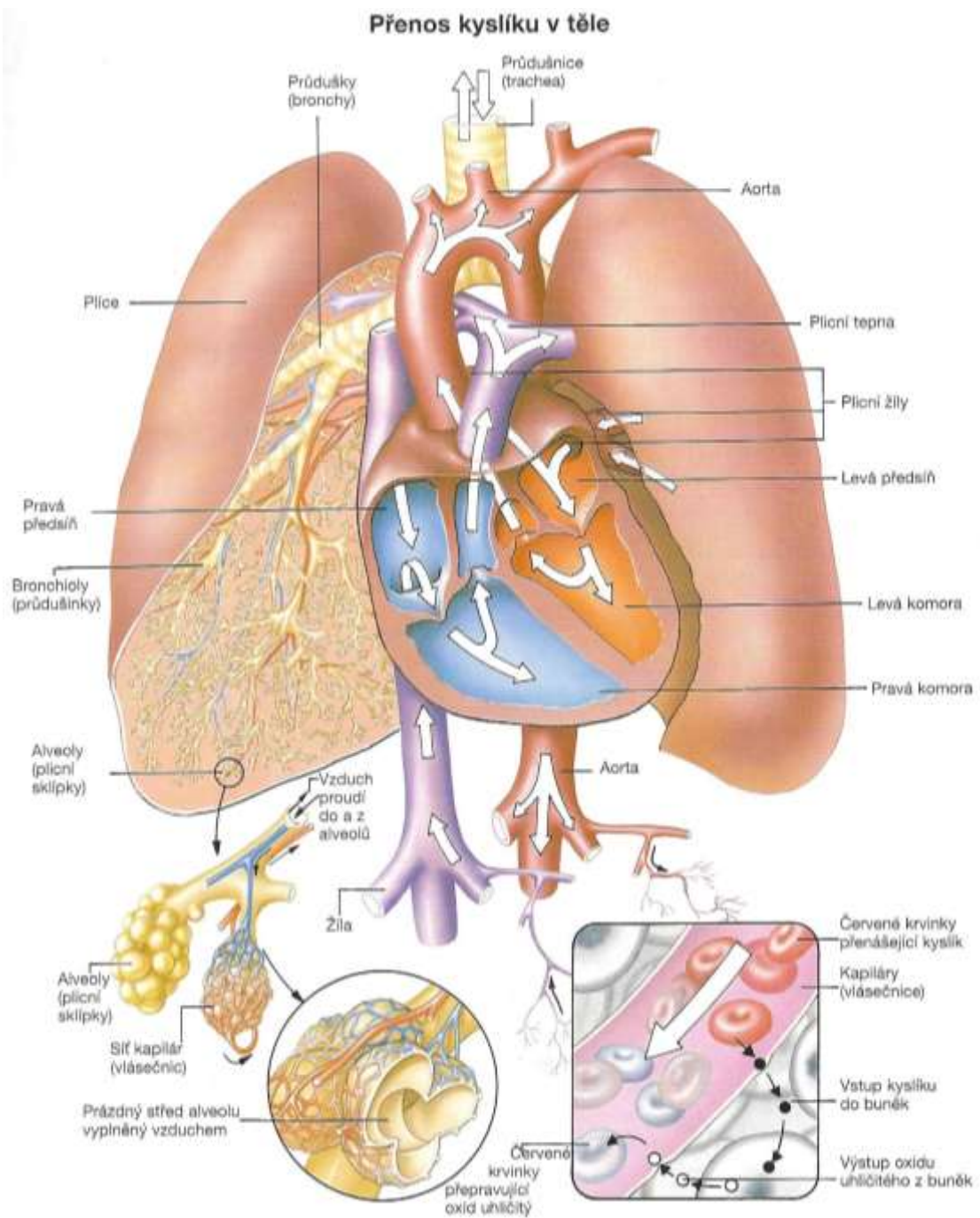
Ukazuje závislost pO₂ na množství vytvořeného oxyhemoglobinu.

Tvar křivky (posun **doprava**) ovlivňuje:

- $\uparrow p\text{CO}_2$, \uparrow teplota vytlačuje O₂ z vazby s Hb – **více O₂ do tkání**,
v **plicích opačně** – ochuzení krve o CO₂, více vazeb Hb s O₂,
- \downarrow pH \uparrow koncentrace H⁺ v krvi ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$)
Nastane „**Bohrův efekt**“ způsobí více vazeb ($\text{H}^+ + \text{Hb} \rightarrow \text{HbH}^+$)
 $\text{HbO}_2 + \text{H}^+ \leftrightarrow \text{HbH}^+ + \text{O}_2$ **více O₂ se uvolní do tkání**.



Obr. 35 Vazbová křivka O₂ na hemoglobin (Hb) a myoglobin (Mb) Zdroj: Fyziologie člověka pro FTVS



Obr. 36 Přenos kyslíku *Zdroj: Atlas lidského těla*

3.3.2 PŘENOS CO₂

Způsoby přenosu:	alkálie krve (HCO₃⁻ kyselý uhličitán)	70 %
	hemoglobin, plazmatické bílkoviny	23 %
	fyzikálně rozpuštěn v plazmě	7 %

V 1 l krve se váže 1,8 mmol CO₂.

Vazba na alkálie

- CO₂ vzniklý v tkáních se dostane difúzí do krevní plazmy,
- proběhne reakce $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ (kyselina uhličitá)
- disociace $\text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$
- HCO₃⁻ se spojují → vzniká **bikarbonát**,
- tyto vratné reakce neustále probíhají – **udržují pH krve**.

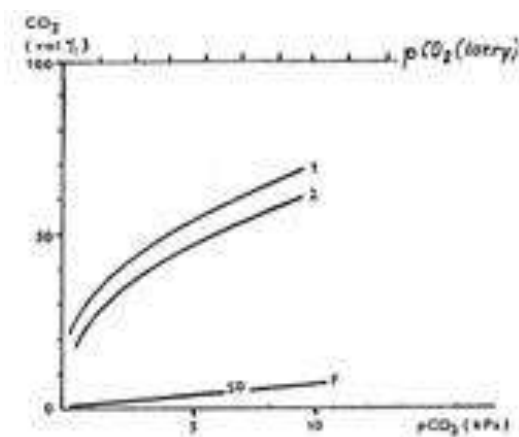
Vazba na hemoglobin, plazmatické bílkoviny

- erytrocyty obsahují enzym **karboanhydrázu** – katalyzuje přeměnu CO₂ (ve vodném prostředí až 10 000x rychleji).
- $\text{Hb} - \text{NH}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Hb-NHCO}_2^- + \text{H}^+$ (**karbaminohemoglobin**)
- přebytečný CO₂ se uvolní do alveolu.

Fyzikálně rozpuštěný v plazmě

- se vydává nejdříve všude tam, kde je nižší pCO₂.

Vazbová (disociační) křivka CO₂



Obr. 37 Vazbová křivka CO₂ v krvi žilní (1) a tepenné (2) *Zdroj: Fyziologie člověka pro FTVS*

3.3 VNITŘNÍ DÝCHÁNÍ

V této fázi dýchání se plyny dostávají přes stěnu kapilár do tkáňového moku a opačně. Probíhají oxydoredukční děje, které vedou k přeměně energie.

Spotřeba O₂ je nejvyšší v nervové tkáni, méně ve svalové tkáni a nejméně ve vazivu a kostech.

Využití ve sportovní praxi

Hyperoxie

- dříve tento stav využíván před krátkodobějším výkonem,
- **umělé zvyšování množství O₂ dodané tkáním** – nemá smysl, reflexně se zmenšuje plicní ventilace.

Hypoxie

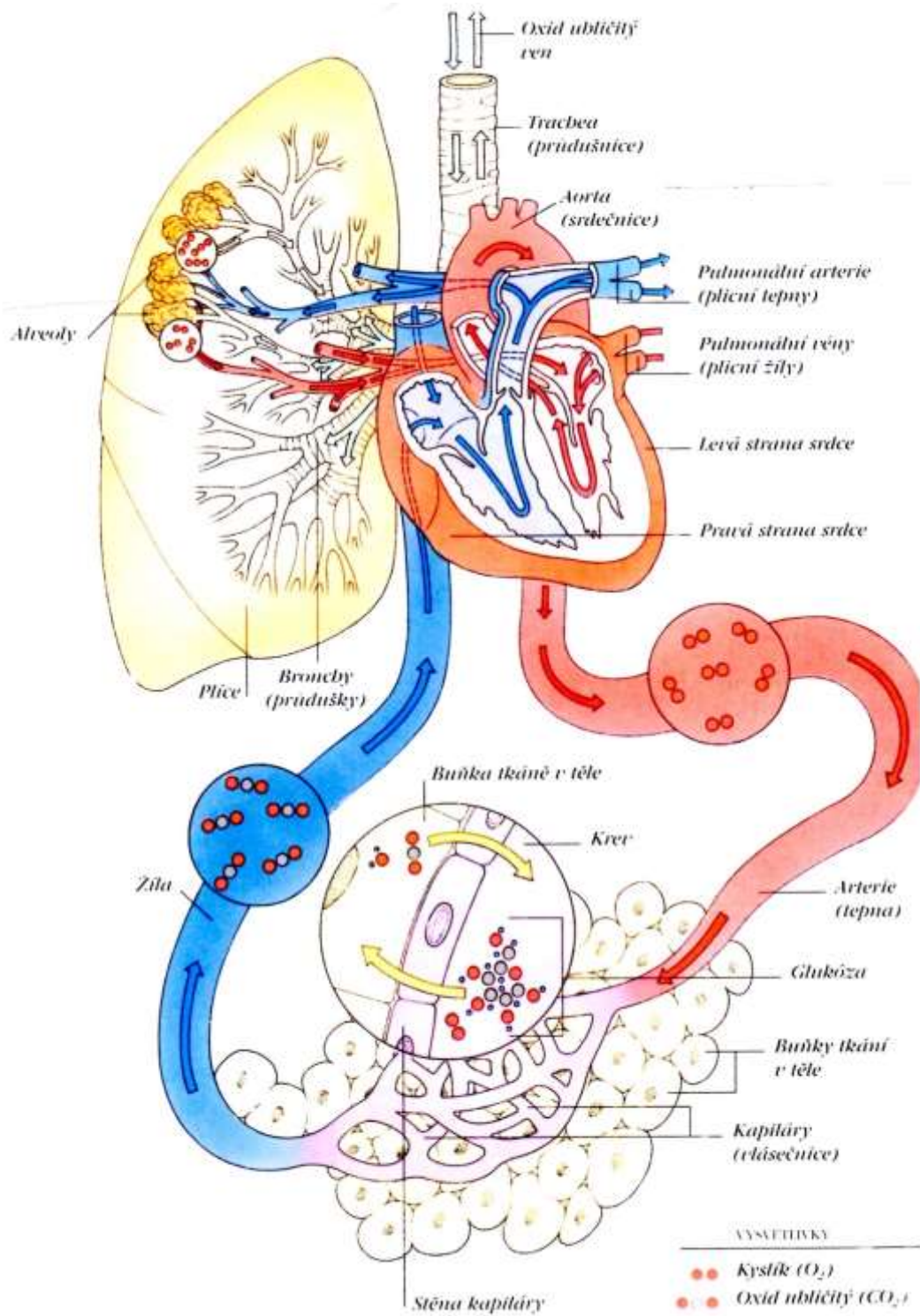
- dýchání vzduchu ochuzeného o O₂,
- navozují **pobyty ve vyšších** horských polohách,
- soustavně navozovaná při rychlostních cvičeních vede k adaptaci tkáňových oxidací.

Oba způsoby jsou fyziologické, vedou ke zvýšení erytropoézy a tím i zvýšení transportní kapacity pro kyslík.

Doping užívání nepovolených prostředků /erythropoetin (EPO), krevní doping/.

Řízení dýchání:

- **centrum** prodloužená mícha
- **nervové** **AVS**
- **reflexní** při vdechu se tlumí činnost vdechového centra, přestává kontrakce vdechových svalů, následuje pasivní výdech.
/Dýchání **zpomaluje** vysoký tlak, chlad, H₂O na nosní sliznici, kýchnutí, obranné reflexy po vniknutí cizích těles do průdušnice.
Dýchání **zrychlují** podmíněné reflexy (startovní stav, emoce)/,
- **látkové** změna složení krve zaznamenaná dýchacím centrem a periferními chemoreceptory (karotická, aortální tělíska),
↑CO₂ o 0,2 % – 2x prohloubí dech do ustálení koncentrace CO₂,
↓ pH - na acidózu.



Obr. 38 Dýchání Zdroj: Encyklopedie lidského těla

4 TRÁVENÍ A VSTŘEBÁVÁNÍ

4.1 TRÁVENÍ

Trávení je soubor fyziologických **katabolických** dějů, jehož cílem je získávání živin z potravy.

Funkce trávicí soustavy:

- **mechanické zpracování a chemické trávení** organických látek,
 - mechanické** rozmělnění a mísení potravy s trávicími šťávami, transport ústrojím,
 - chemické** urychleno enzymy, štěpí vysokomolekulární látky (zdroj E, stavební látky),
- **vstřebávání** převod stěnou TS do krve nebo lymfy,
- **zužitkování** v organismu vyrovnání nárazového příjmu potravy, skladování,
- **odstraňování** nestravitelných látek.

Trávicí trubice obsahuje:

- **žlázy** slinné, játra, slinivka břišní,
- **sliznice** hladká, přechází v řasy a klky, kryta epitelem (dlaždicový, resorpční),
žlázy produkují **trávicí šťávy** a **buňky** produkují **hlen**,
- **svalovina** příčně pruhovaná přechází v hladkou, uvnitř kruhovitá, vně podélná.

Živiny

- sacharidy, lipidy, proteiny zdroj energie, stavební součástí tkání,
- anorganické soli tvoří tekuté vnitřní prostředí, součást protoplazmy a mezibuněčných hmot,
- H₂O rozpouštědlo, nosič org. a anorganických látek,
- vitamíny nezbytné pro průběh dílčích metabolických reakcí.

4.1.1 DUTINA ÚSTNÍ (*cavum oris*)

Mechanické zpracování	rozkousat potravu řezáky jazykem posunout ke stoličkám, rozmělnit (žvýkačí svaly, jazyk) frekvence žvýkačích pohybů	F = 50–100 N, F = 4000–8000 N, 60–80x /min,
------------------------------	---	---

Částečně se **vstřebává H₂O, alkohol, některé léky** (př. nitroglycerin).

Slinné žlázy

- drobné roztroušené ve sliznici dutiny ústní,
- párové žlázy **příušní** – řídké, vodnaté,
- nepárové **podjazykové, podčelistní** (mucinózní).

SLINY

- 1–1,5 l/24 h,
- bezbarvá vazká tekutina, **pH 7** (neutrální, mírně kyselá).

Funkce slin:

- **mechanická** zvlhčují potravu, slepují částičky, tvoří sousta,
- **chemická** štěpí složité látky,
- **exkreční.**

Složení slin

- 99 % **H₂O**, 0,3 % **anorganické** (př. CaCO₃+CaPO₄ zubní kámen),
0,7 % **organické látky**,
- **slinné buňky** – tj. osmoticky pozměněné leukocyty,
- **epitelie** (buňky epitelu) ústní dutiny,
- **bakterie, bílkoviny**,
- **metabolity** kyselina močová, kreatin, močovina, kyselina mléčná,
- **ptyalin** (α -amyláza) štěpí **škrob** na **cukry** i s **amylázou** (β -amyláza, γ -amyláza),
produkuje příušní žláza, reakci ruší \uparrow teplota, žaludeční šťáva,
- **mucin** dodává slinám vazkost a potravě kluzkost,
- **lysozym** ničí bakterie a choroboplodné zárodky.

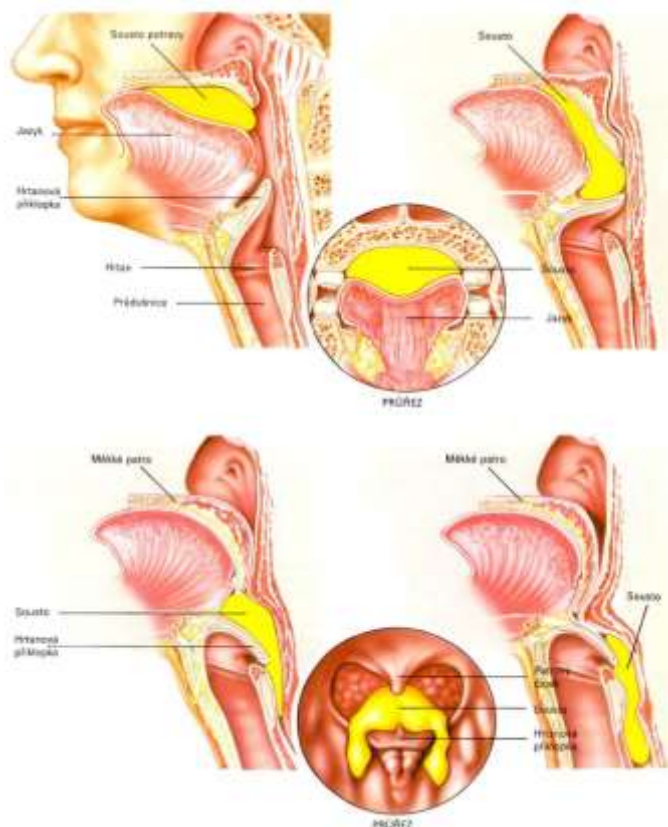
Řízení sekrece:

- **centrum** **prodloužené míše**
- **nervové** **AVS** parasympatikus – ↑sekreci tekuté složky, sympatikus – sekrece enzymů a mucinu,
- **reflexní** **nepodmíněně** – **styk potravy se sliznicí** (dráždí chuťová zakončení na jazyku, škodlivými látkami – př. roztoky kyselin), **podmíněně** – během života, **závisí na předchozí zkušenosti** (čas, kdy je potrava podávána, emoce, představy).

Sousto zůstává v ústech **15–30 s.**

Polykání

- **Sousto** (5ml) je posouváno na kořen jazyka – miskovitě se prohne, vtaňuje se, zvedá se nahoru, přitlačí měkké patro na vchod do nosní dutiny, uzavře ho **zvednutím** hrtanu – ↑**epiglottis** – uzavře vstup do dýchacích cest.
- **Polykací reflex** je vyvolán zvednutím hrtanu (stykem kořene jazyka s patrovými oblouky). Jedná se o děj **nepodmíněný, vrozený** (centrum v prodloužené míše).



Obr. 39 Polykání sousta *Zdroj: Lidské tělo*

4.1.2 HLTAN (pharynx) a JÍCEN (oesophagus)

Hlavní funkcí je posouvání potravy pomocí peristaltických pohybů.

Doba průchodu potravy jícnem: tekutá (1sec),

tuhá (6 sec).



4.1.3 ŽALUDEK (gaster)

Obr. 40 Sousto Zdroj: Lidské tělo

- Zahnutý vak 1–2 l.
- Tvar závisí na poloze těla, náplni a napětí svalstva žaludku.

Funkce:

- **Zpracovává potravu** mechanicky, chemicky,
- je **rezervoárem** potravy, tekutiny protékají,
- **částečně se vstřebává** H₂O, elektrolyty, léky (aspirin), alkohol.

Hybnost

- zajišťuje svalovina podélná, kruhová, spirální,
- **peristaltická vlna - 1 vlna/20 s**, pomalé rytmické stahy, promíchávání a posunování potravy, vzniká **natrávenina (chymus)**,
- ovlivňuje náplň, pohyby tlumí bublina (plyn) ve fundu,
- současně probíhá několik vln ($v = 10\text{--}40\text{ cm/s}$),
- **hladové kontrakce 1 stah/30 s**.

Řízení hybnosti:

- **nervové** AVS (parasympatikus ↑, sympatikus ↓),
- **reflexní**
- **látkové** nejdříve opouští sacharidy, bílkoviny, tuky.

ŽALUDEČNÍ ŠTÁVA

- Čistá, bezbarvá, řídká tekutina kyselého zápachu,
- silně kyselá reakce **pH 0,9–1,5 až 3,3**,
- **množství** **2–3 l/24 h** (na 1 jídlo se vytváří 0,5 l),
- produkují **žlázové buňky**: hlavní **pepsinogen**,
vedlejší **mucin**,
krycí **HCl, vnitřní faktor**.

Složení:

- **H₂O** 99,4 %,
- **anorganické látky** ionty Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg⁺, Fe²⁺ a **organické látky**,
- **HCl** **pH = 1**, tvoří se z NaCl krve,
přeměňuje neúčinný **pepsinogen** na účinný **pepsin** – štěpí **bílkoviny**,
způsobuje zbobtnání vaziva, usmrcuje choroboplodné zárodky,
brání kvasným dějům,
brání rozkladu některých vitaminů (B₁, B₂, C),
mění **nerozpustné** minerální látky na soli **rozpustné** v H₂O,
jeho sekreci v žaludku tlumí – sekretin,
- **mucin** **mechanická ochrana** povrchu žaludeční sliznice,
- **pepsin** štěpí ve H₂O **nerozpustné bílkoviny** na **rozpustné polypeptidy**,
- **chymozin** enzym trávicí mléčnou bílkovinu u dětí,
- **lipáza** štěpí **tuky na mastné kyseliny a glycerol**,
- **vnitřní faktor** umožňuje **vstřebávání vitamínu B₁₂** (zrání erytrocytů).

Řízení sekrece:

- **nervové** nerv bloudivý (nervus vagus),
- **reflexní** **nepodmíněné** (z dutiny ústní do centra v prodloužené míše),
podmíněné ↓ vzrušení, strach, spěch, zlost,
↑ radost, dobrá nálada,
- **látkové** navazuje na nervovou sekreci asi **30 min po jídle**,
gastrin **podporuje** sekreci,
enterogastron **tlumí** sekreci.

Zvracení

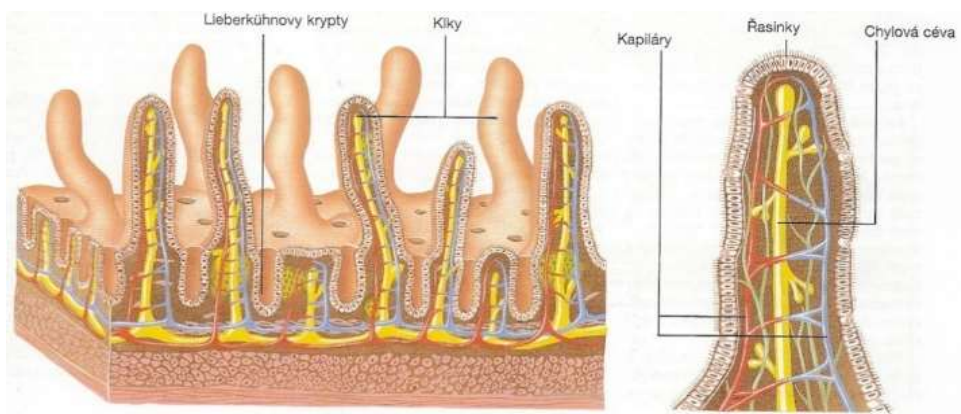
- Obranný nepodmíněný reflex organismu.
- Centrum je v prodloužené míše. Podněty mohou přicházet z periferie (drážděním žaludku nebo orgánů dutiny břišní) i z CNS (léky, toxiny, vestibulární a optické dráždění, nervové vlivy, psychické faktory).
- Příznaky: předchází nevolnost, zvyšuje se slinění, pocit ošklivosti, ochabuje fundus a corpus, je stažena pyrolická část, po hlubším vdechu (stažení bránice a břišních svalů) je obsah vytlačován do jícnu a ústy ven.

4.1.4 TENKÉ STŘEVO (intestinum tenue)

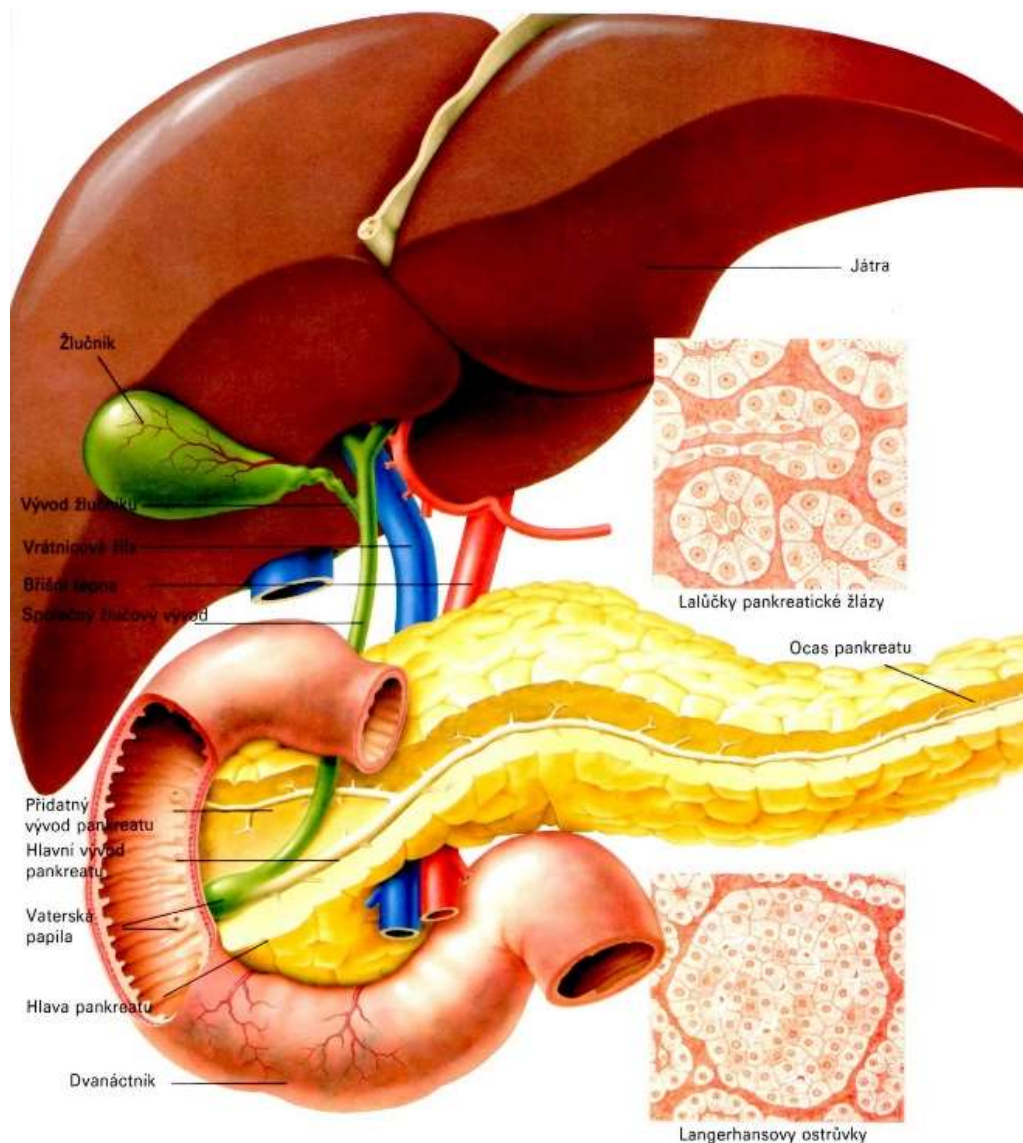
Funkce: trávení,
vstřebávání aktivním transportem (glukóza, peptidy, AMK),
difusí – mastné kyseliny (MK).

Části:

- pevná **dvanáctník (duodeum)** vývod pankreatický, žlučový,
- volná **lačník (jejunum)** promíchávání obsahu, trávení,
kyčelník (ileum) řasy se ztrácejí, vstřebávání,
- **sliznice** pokrytá **klky** (zvětšují povrch plocha 10 m²), jednovrstevný epitel, cévy krevní a lymfatické,
střevní žlázky mezi klky,
- součástí jsou **játra (hepar)** a **slinivka břišní (pankreas)** /Obr. 41/.



Obr. 41 Sliznice tenkého střeva *Zdroj: Atlas lidského těla*



Obr. 42 Játra a slinivka břišní Zdroj: Lidské tělo

Hybnost:

- **kývavé pohyby** stahy kruhového svalstva **10–20x /min**, obsah se rozdělí na malé úseky, promíchání, vstřebávání,
- **peristaltické pohyby** kontrakční vlny, **v = 1 cm/s**, promíchání.

Řízení hybnosti:

- **nervové** AVS parasympatikus ↑ pohyblivost, tonus svalstva, sympatikus ↓ hybnost, tonus, vazokonstrikci cév,
- **reflexně** ovlivňuje **obsah** (↑málo stravitelná potrava př. buničina).

STŘEVNÍ ŠTÁVA

- Bezbarvá, nažloutlá až kalná tekutina, obsahující např. leukocyty, střevní epitelie,
- slabě zásaditá až neutrální **pH 7**,
- **množství: 1–3 l /24 h.**

Složení střevní šťávy:

H₂O, mucin, anorganické látky – soli (NaCl, NaCO₃), organické látky:

- *peptidázy (tripeptidáza, aminopeptidáza)* štěpí peptidy na AMK,
- *nukleázy* NK na pentózu, fosfát a purinové báze,
- *enterokináza* aktivuje **trypsinogen** na **trypsin**,
- *sacharáza* cukr na glukózu a fruktózu,
- *laktáza* mléčný cukr na glukózu a galaktózu,
- *maltáza* maltózu na 2 glukózy,
- *lipáza* lipidy na glycerol a MK,
- *fosfolipázy* štěpí fosfolipidy.

Řízení sekrece:

- **nervové** **AVS**
- **reflexní:** zvyšuje se **po požití potravy**,
mechanické podněty (náplň střeva),
chemické podněty (produkty metabolismu).

4.1.4.1 SLINIVKA BŘÍŠNÍ (pankreas)

Smíšená žláza rozdělená do 2 funkčních jednotek.

1. část tvoří **exokrinní** žláza produkující **pankreatickou šťávu** s trávicími enzymy,
2. část představuje **endokrinní** žláza tvořená Langerhansovými ostrůvky roztroušenými v exokrinní žláze, které produkují **hormony** (glukagon, somatostatin).

PANKREATICKÁ ŠTĚAVA

- Tekutá, čirá, bezbarvá, vazká tekutina, slabě alkalické reakce, **pH 7–8**,
- množství **1–1,5 l (2 l) /den** (viz lékařská fyziologie).

Funkce:

- **neutralizuje** kyselou tráveninu,
- **dodává** trávicí **enzymy, živiny**.

Složení pankreatické šťávy:

- **H₂O + enzymy**,
- **trypsin** vyskytuje se jako neúčinný trypsinogen – aktivuje se enterokinázou střevní šťávy, štěpí bílkoviny na (AMK),
- **chymotrypsin** štěpí mléčnou bílkovinu,
- **ribonukleázy** štěpí nukleové kyseliny (NK),
- **amyláza** štěpí polysacharidy na maltózu,
- **maltáza** maltózu na 2 glukózy,
- **laktáza** laktózu na glukózu a galaktózu,
- **lipáza** tuky na MK a glycerol, působí na alkalické reakce,
- **fosfolipáza** fosfolipidy a bikarbonáty.

Řízení sekrece:

- **nervové** **AVS** parasympatikus ↑ sekreci, určuje koncentraci enzymů,
sympatikus ↓ sekreci,
- **látkové** **sekretin** ↑ sekreci tekuté složky, iontů, bikarbonátů (HCO₃⁻)
cholecystokinin ↑ vyměšování **enzymů** pankreatické šťávy.

4.1.4.2 JÁTRA (hepar)

Největší žláza v těle (1,5 kg).

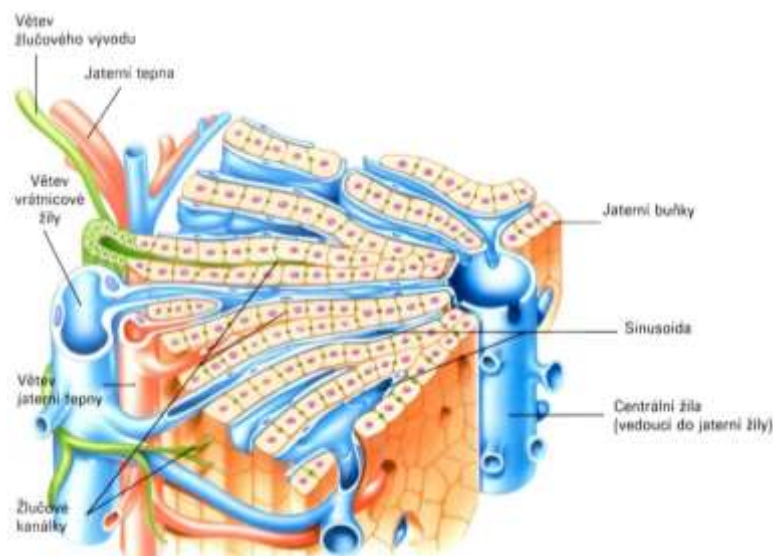
Uložena pod pravou klenbou brániční.

Funkce:

- tvorba **žluči**,
- **zpracování tuků** (tvorba ze sacharidů),
- esterifikace cholesterolu,
- **tvorba glykogenu** (znovuvytvoření glykogenu z kyseliny mléčné),
- **tvorba močoviny** (zpracování bílkovin),
- **ukládání vitaminů A, D, B₁₂, K**,
- **přeměna** provitaminu karotenu ve **vitamin A**,
- **krvotvorba**,
- syntéza látek pro srážlivost krve (protrombin, vitamin C, plazmatické bílkoviny),
- **odbourává se zde hemoglobin** (uvolněné Fe²⁺ se váže na feritin),
- **zpracování krevního barviva** (bilirubin, urobilinogen, vstřebán ze střeva),
- zneškodňování vstřebaných látek.

Jak játra pracují

- Žíly a tepny obklopují lalůčky (lobuly), které tvoří jaterní laloky.
- Větve portální žíly (vrátnice) a jaterní tepny uvnitř laloků přivádějí **živiny** a **okysličenou krev** do **sinusoidů** (Obr. 43) – zásobníků obklopených řadami jaterních buněk (hepatocytů). Zde se **vstřebávají** a **zpracovávají** živiny i odpadní látky.
- Zpracované látky se vracejí **zpět do sinusoidů** a **odvádí** je intralobulární žíla – jaterní žíla – dolní dutá žíla.
- **Odpady zůstávají ve žlučových kanálcích.**



Obr. 43 Sinusoidy Zdroj: Lidské tělo

ŽLUČ (fel)

- Vazká, žlutohnědá na vzduchu zelenající, slabě zásaditá:
z jater světlá, nezahuštěná, 2 % pevných látek,
ze žlučníku tmavá, zahuštěná, 15 % pevných látek,
- při velkém zahuštění vznikají žlučové kameny (odnímáním H₂O, přidán mucin),
- množství 0,7–1 l /24 h, pH=7,5,
- tvoří se neustále, hromadí se ve **žlučníku** (vesica fellea), vyprazdňování žlučníku podněcují tuky, oleje, žloutek, aj.

Složení žluči:

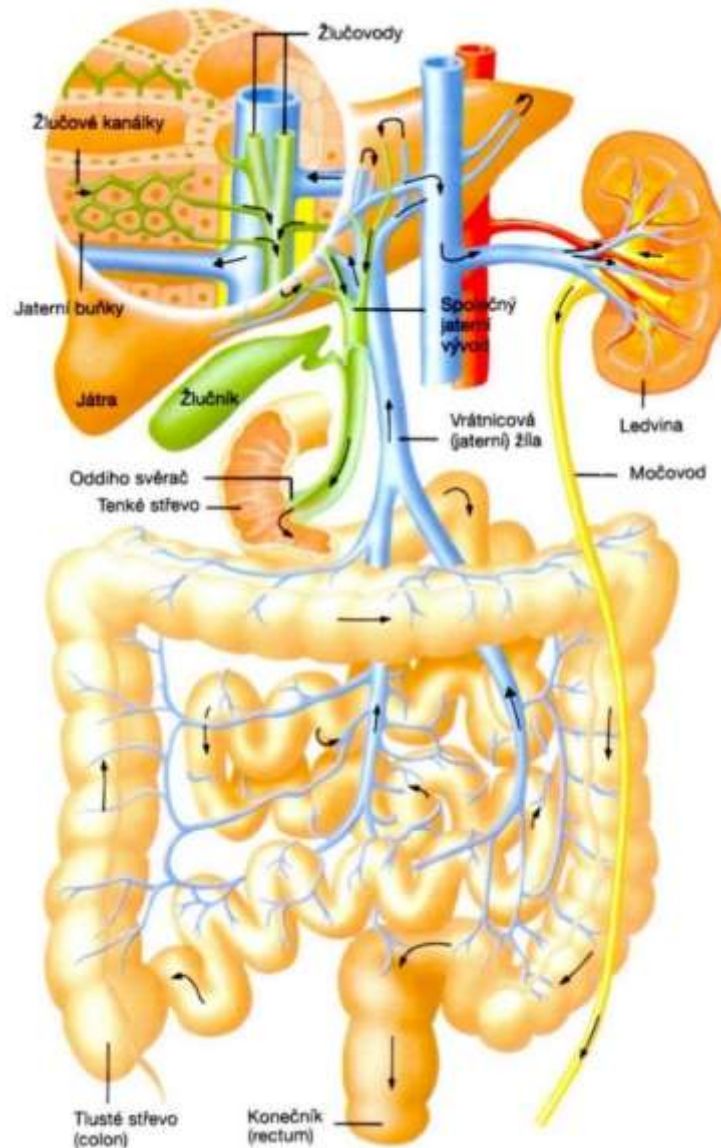
- **anorganické l.** voda, anorganické soli, žlučové kyseliny (glykocholové, taurochové), hlen,
- **organické l.** bilirubin, biliverdin (žlučová barviva) jsou vylučovány močí, cholesterol, mastné kyselina a tuk (lecitin).

Funkce:

- trávení tuků (emulgace),
- neutralizuje střevní obsah,
- povzbuzuje pohyblivost tlustého a tenkého střeva,
- zvyšuje vstřebávání vitamínů rozpustných v tucích,
- odvádí toxiny a nevstřebané látky z těla.

Řízení sekrece:

- **nervová** AVS,
- **reflexní** vycházející ze žaludku a stěny tenkého střeva,
- **látková** *sekretin* ↑ obsah H₂O ve žluči, ↑ štěpné produkty bílkovin a solí žlučových kyselin.
cholecystokinin působí na vyprazdňování žlučníku.



Obr. 44 Průtok žluče *Zdroj: Atlas lidského těla*

4.1.5 TLUSTÉ STŘEVO (*intestinum crassum*)

Trubice dlouhá přibližně 1,5 m a široká 6 cm.

Sliznice je bez klků, obsahuje žlázy produkující hlen.

Funkce:

- **rezervoár** (3 dny),
- **vstřebávání** H₂O, ionty, žlučové kyseliny,
- **bakteriální procesy kvašení** (z cukrů se uvolňují H⁺, CO₂ a metan), **hnití** (z bílkovin vzniká indol, skatol, sirovodík), přítomné bakterie – **Echerichia coli**,
- **tvorba vitaminů** (**K** – syntéza protrombínu, **B₁₂** – krvetvorba),
- aplikace některých látek př. léky (čípky).

Defekace

- Vyprazdňování na podkladě ne/podmíněných reflexů,
- vyloučí se **100–300 g/den** stolice, (obsahuje 50–100 ml H₂O),
- vnitřní svěrač není ovládán vůlí, vnější je pod volní kontrolou,
- poruchy ovládání – inkontinence,
- poruchy vyprazdňování – zácpa, průjem.

Zácpa (obstipace)

- Vyprazdňování v delších intervalech,
- **příčinou** může být požití potravy s malým množstvím nestravitelných zbytků, přílišné vstřebávání H₂O v tlustém střevě, celkový nedostatek H₂O v organismu.

Průjem (diarrhoea)

- **Porucha iontového složení** vnitřního prostředí organismu,
- vyprazdňování několikrát denně, stolice řídká, vodnatá,
- **příčinou** může být zrychlená peristaltika tenkého střeva, při zánětu střevní sliznice, při dráždění parasympatiku.

4.2 VSTŘEBÁVÁNÍ

Látky se dostávají do krevního oběhu **přímo** nebo **lymfatickými cévami**.

Rychlost vstřebávání záleží na **druhu** vstřebané **látky**.

Resorpce vážne, poškodí-li se krevní zásobení střevní stěny nebo zastaví-li se přívod O₂

4.2.1 RESORPCE SACHARIDŮ

- Probíhá ve formě **monosacharidů**,
- sacharidy jsou vstřebávány do krve → do jater → ukládají se nebo hned zužitkují,
- **převod** střevní stěnou je **aktivní**,
- **nevstřebané** látky se **rozkládají kvašením** v tlustém střevě, **vznikají organické kyseliny** a **plynné látky**.

Štěpení sacharidů:

- **amyláza** → škroby → jednoduché cukry (dextriny, maltózu),
- **maltáza** → maltózu → glukózu + glukózu,
- **laktáza** → laktózu → glukózu + galaktózu,
- **sacharáza** → sacharózu → glukózu + fruktózu.

4.2.2 RESORPCE TUKŮ

- Tuky se rozkládají na **glycerol** a **mastné kyseliny (MK)**,
- **glycerol** je rozpustný v H₂O, snadno se vstřebává,
- **MK** jsou těžko rozpustné v H₂O.

MK s více než 12 C

- jsou transportovány pomocí žlučových kyselin střevní stěnou do **portální žíly** a zpět do jater (**enterohepatický oběh**),
- syntetizuje se z nich **neutrální tuk** →lymfatickými cévami do organismu.

MK s méně než 12 C

- vstřebávají se do krevních cest → do jater,
- nevstřebaný tuk odchází stolicí.

Štěpení tuků

lipáza → neutrální tuky → glycerol + MK

4.2.3 RESORPCE BÍLKOVIN

- Po rozložení na **aminokyseliny (AMK)** jsou snadno **rozpuštěné v H₂O**,
- využity k **vytvoření vlastních tělních bílkovin**,
- **vstřebávány** do krve, částečně do lymfy,
- nevstřebané prodělávají **bakteriální rozpad**.

Štěpení bílkovin:

- *chymotrypsin* → mléčnou bílkovinu,
- *trypsin* → bílkoviny → AMK,
- *peptidázy (pepsin, erepsin* → peptidy → AMK,
- *(ribo)nukleázy* → nukleové kyseliny (NK).

4.2.4 RESORPCE ANORGANICKÝCH LÁTEK

H₂O vstřebává se beze zbytku v tlustém střevě, zahušťuje obsah.

Minerální látky: vstřebávají se částečně v žaludku, nejvíce v tenkém střevě, přitahují H₂O, udržují tekutý obsah tenkého střeva.

4.2.5 RESORPCE VITAMÍNŮ

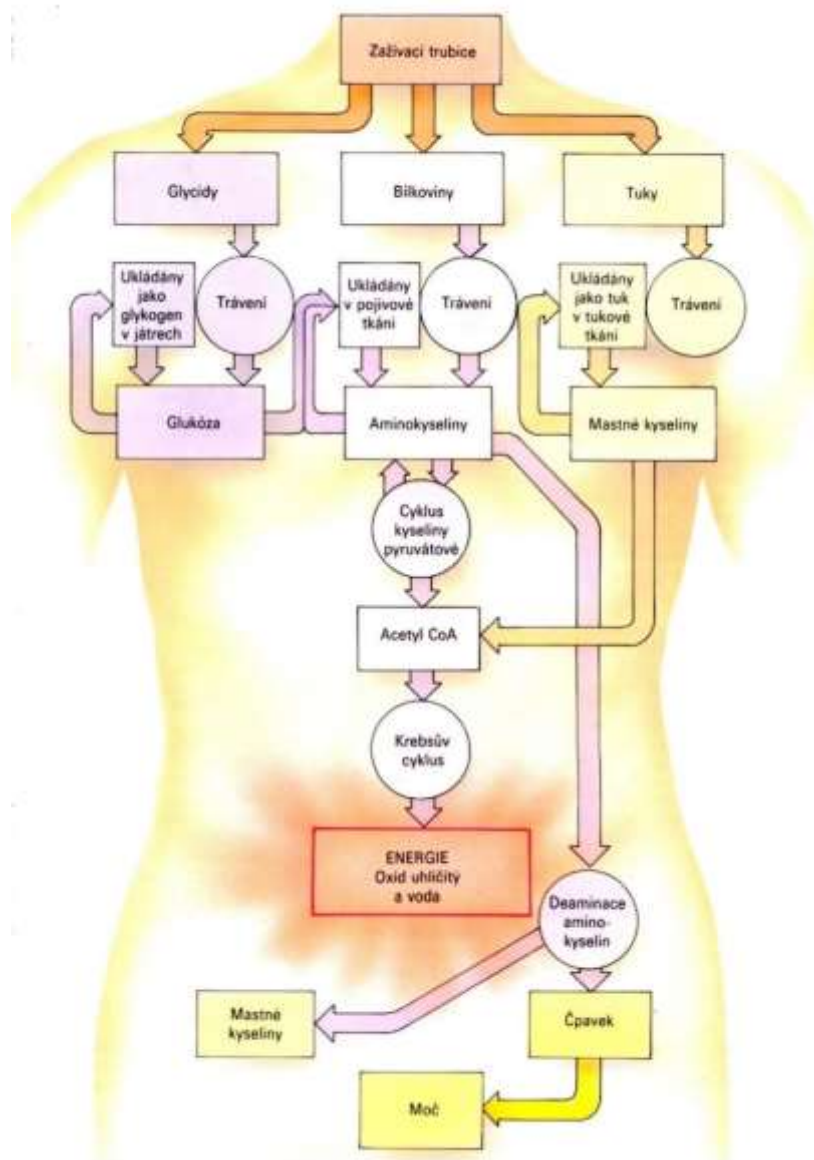
Vitamíny **rozpuštěné v H₂O** se vstřebávají v žaludku a tenkém střevě (kyčelník, lačník).

Vitamíny **rozpuštěné v tucích** jsou resorbovány s tuky v tenkém střevě

PRŮCHOD POTRAVY TRÁVICÍM ÚSTROJÍM

- **Ústa** několik sec – **1 min**,
- **žaludek:** opouští do **4 hod**,
tekutá – protéká,
ostatní látky se **promíchají** se žaludeční šťávou,
- **tenké střevo** potrava zůstává **2–5 hod** podle peristaltiky,
- **tlusté střevo:** první zbytky potravy se dostávají po **4–5 hod** po požití,
obsah zůstává **8–12 hod**.

Celkové množství trávicích šťáv je **4–6 l/24 hod**.



Obr. 45 Trávení *Zdroj: Lidské tělo*

5 METABOLISMUS

5.1 LÁTKOVÝ METABOLISMUS

Probíhá **přeměna látek a energií** prostřednictvím dvou dějů:

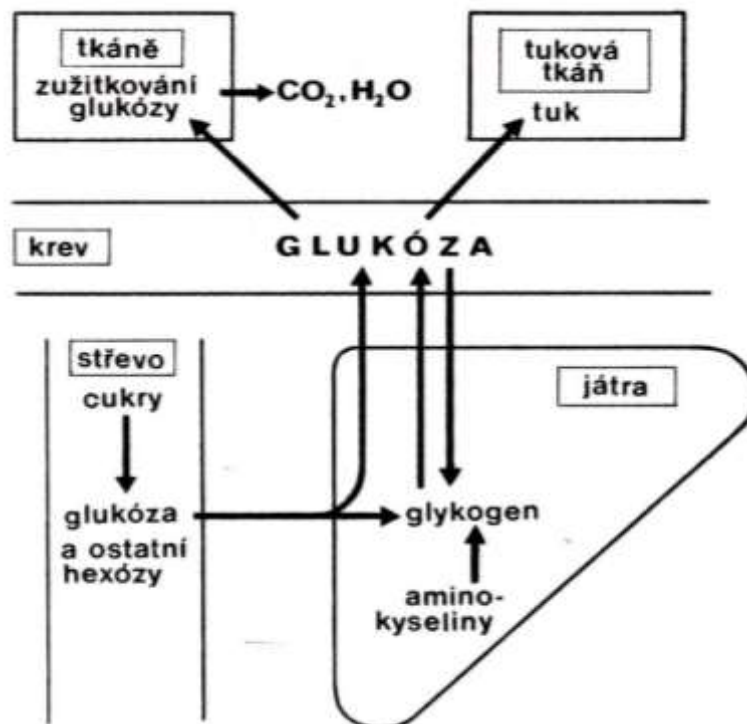
- **katabolismus** – exotermické reakce – **E se uvolňuje**,
- **anabolismus** – endotermické reakce – **E se dodává**.

Strávené živiny přecházejí do krve v podobě **aminokyselin (AMK)**, **monosacharidů**, **neutrálních tuků**.

Jsou využity na **výstavbu**, jako **zdroj energie** nebo uloženy do **zásoby**.

5.1.1 METABOLISMUS SACHARIDŮ

Sacharidy se vstřebávají v tenkém střevě v podobě **monosacharidů** do krve → zadržovány v **játrech** → uvolňovány **jen** v podobě **glukózy**.

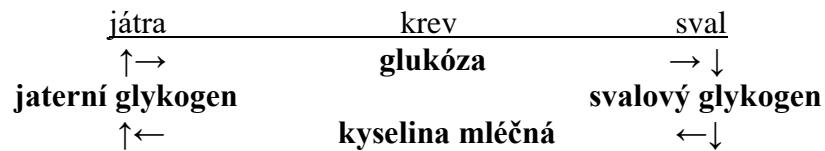


Obr. 46 Transport a dílčí děje při přeměně sacharidů Zdroj: Biologie člověka

Orgány hospodařící se sacharidy:

- **játra** ukládají sacharidy z potravy **do zásoby** (až 300–400 g),
probíhá štěpení **glykogenu** → **glukózu** → do krve → ke tkáním,
$$n (\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) \leftrightarrow (\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)_n + n (\text{H}_2\text{O})$$
monosacharidy ↔ glykogen + voda
- **svaly** **glukóza** (v krvi) → **glykogen** (vázan na bílkoviny svalového vl.).

Oběh sacharidů v těle (Coriho cyklus)



KATABOLISMUS SACHARIDŮ

Probíhající reakce: **glykogenolýza** glykogen → glukózu
glykolýza glukóza → ATP (energie)

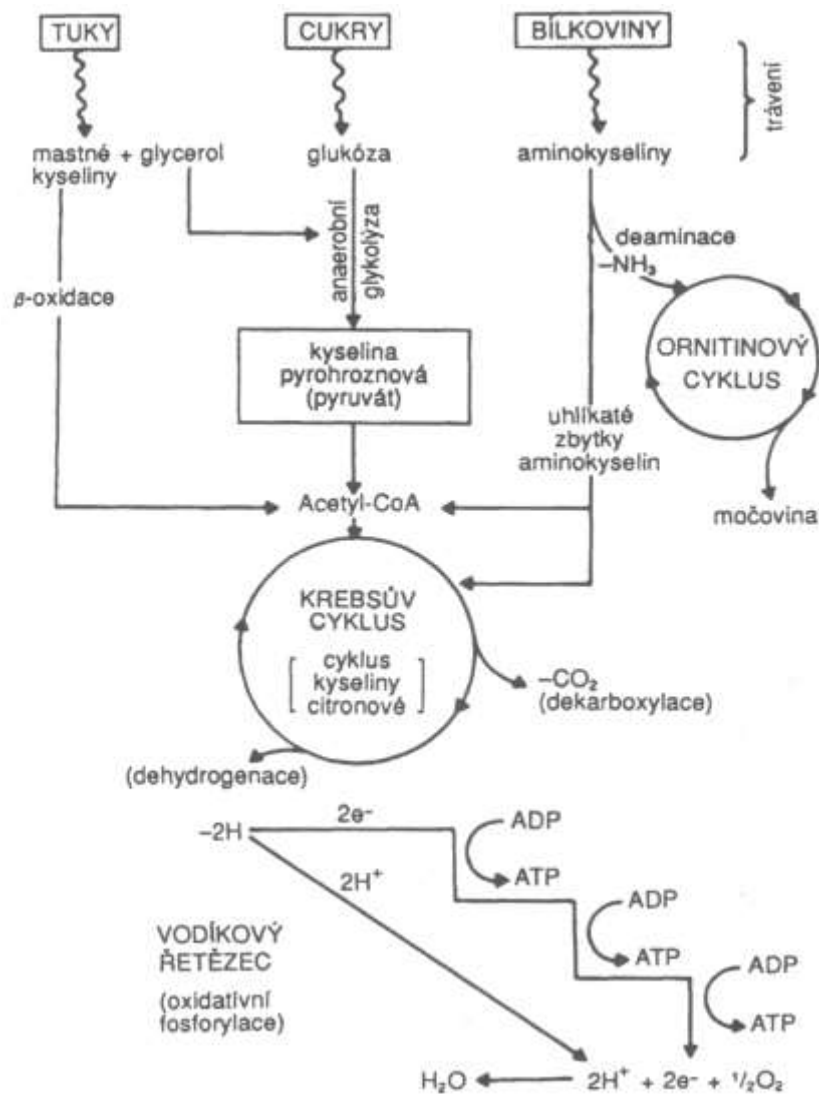
- Bez přístupu O_2 :
anaerobní glykolýza → **glukóza** → **kyselina pyrohroznová** → **laktát**
- Za přístupu O_2 :
aerobní glykolýza → **glukóza** → **kyselina pyrohroznová** → **acetyl-CoA** →
→ **Krebsův cyklus** → **dýchací řetězec** → **$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{energie}$** .

Krebsův cyklus (cyklus kyseliny citronové, cyklus trikarboxylových kyselin) je společnou metabolickou drahou sacharidů, lipidů a proteinů. Probíhá dekarboxylace a dehydrogenace.

Dýchací řetězec je přenos vodíku H^+ z redukovaných koenzymů (NADH, FADH_2) na elementární (jednoduchý) kyslík.

Oxidace redukovaných koenzymů: $\text{NADH} + \text{H}^+ \rightarrow \text{NAD} + 2 \text{H}^+ + 2\text{e}^-$
 $\text{FADH}_2 \rightarrow \text{FAD} + 2 \text{H}^+ + 2\text{e}^-$

Výsledkem je **vznik vody** $4 \text{H}^+ + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$



Obr. 47 Aerobní glykolýza Zdroj: Biologie člověka

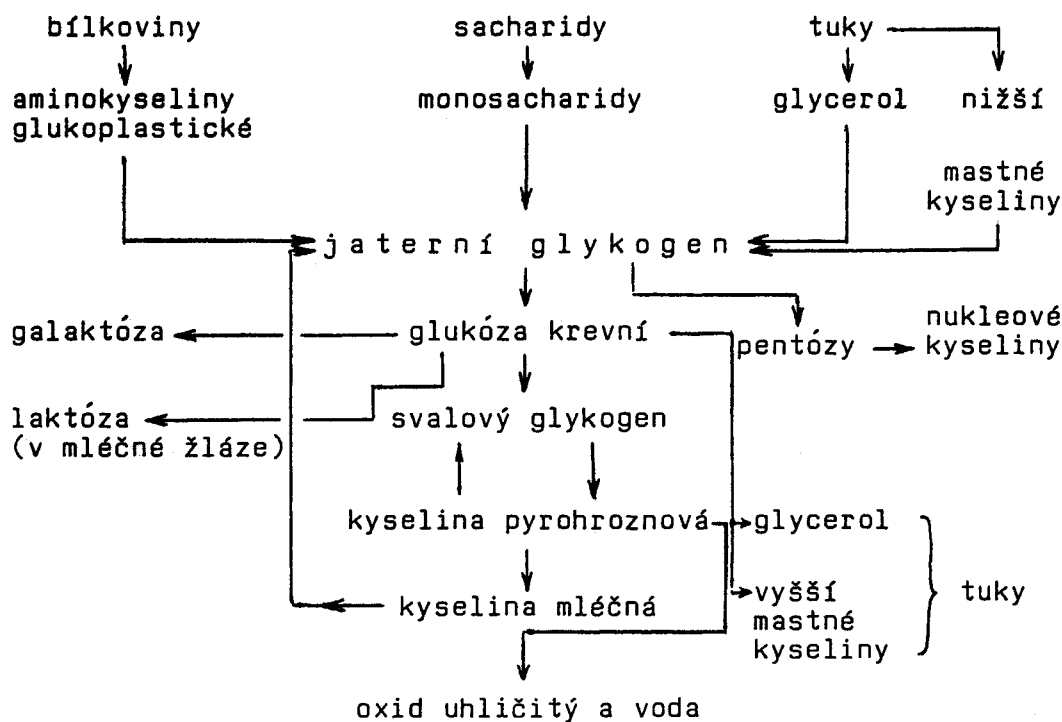
ANABOLISMUS SACHARIDŮ

Probíhající reakce: **glukoneogeneze** vznik **glukózy** z pyruvátu (báze kyseliny pyrohroznové), laktátu, glycerolu a některých aminokyselin (většinou odpadní produkty),

glukogeneze tvorba **glykogenu** z monosacharidů.

Glykogen ubývá nalačno, doplňuje se po jídle, vyčerpá se při intenzivní svalové činnosti.

Cukry jsou jediné živiny, které se dokáží metabolizovat za aerobních i anaerobních podmínek.



Obr. 48 Schéma přeměny sacharidů *Zdroj: Biologie člověka*

Řízení metabolismu sacharidů:

- **nervové** **sympatikus** (splanchnik) – vyvolá **katabolické** reakce,
 parasympatikus (vagus) – vyvolá **anabolické** reakce,
 vyšší **centra NS** – hypotalamus, mozková kůra,
- **látkové** ↓ glykémii – **inzulin**,
 ↑ glykémii – **glukagon, adrenalin, tyroxin, kortikoidy**.

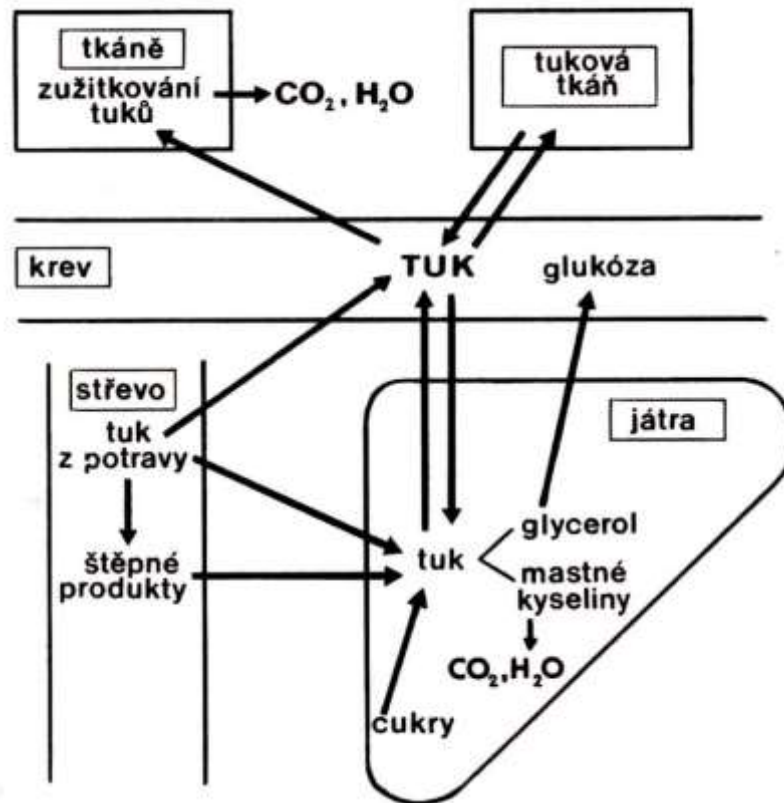
5.1.2 METABOLISMUS TUKŮ

Zdrojem tuku pro metabolismus je **tuk z potravin**.

V krvi koluje **6 g/l**, tj. (600 mg/100 ml).

Šest hod po jídle dosahuje nejvyšších hodnot.

Transport tuků v těle probíhá přes **kapénky tuků** → **lymfu** → **krevní oběh** → **tukovou tkáň** do zásob.



Obr. 49 Transport a dílčí děje při přeměně tuků Zdroj: Biologie člověka

KATABOLISMUS TUKŮ

Tuky se štěpí na **glycerol** a **mastné kyseliny (MK)**. Obojí jsou **zdrojem energie**.

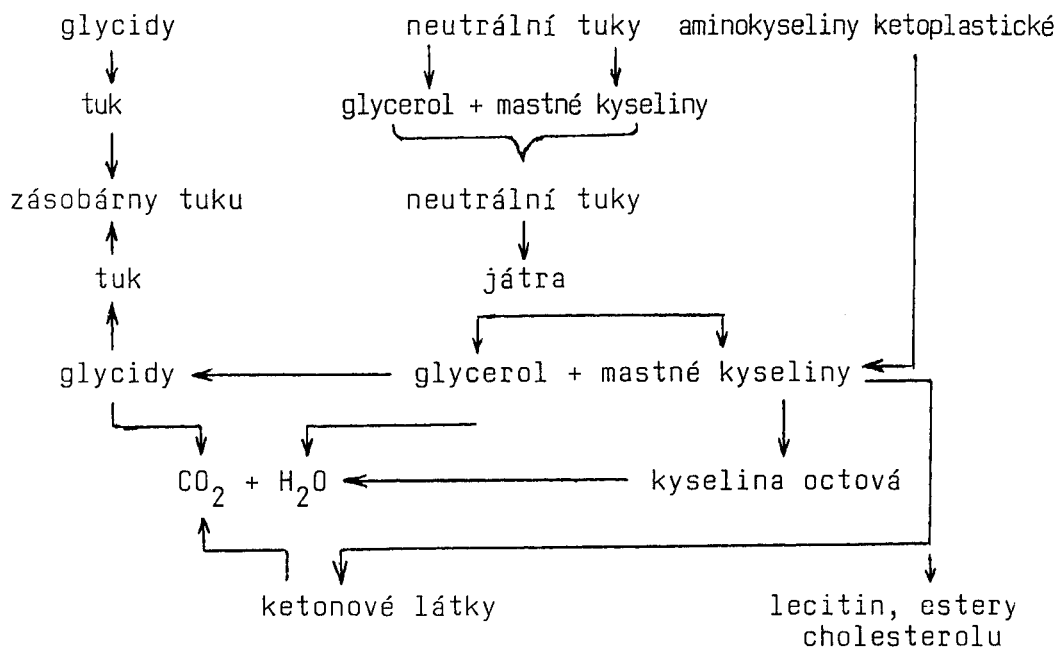
- **Glycerol** se mění na **glukózu** (glukoneogenezí).
- **MK** postupná **oxidace** → vzniká **kyselina acetoctová** → **acetyl-CoA** → **Krebsův cyklus** → **dýchací řetězec** → **CO₂ + H₂O + energie**.

Využití: na **výstavbu** lecitinu (tuk) a esteru cholesterolu, **zdroj energie** (nenasycené – esenciální MK).

Při nadbytku tuků, se zbytek MK hromadí v krvi → vylučují se močí i dechem (**ketonurie**).

ANABOLISMUS TUKŮ

Probíhající reakce: **lipogeneze** syntéza tuků z **glukózy** a **AMK**.



Obr. 50 Schéma přeměny tuků Zdroj: Biologie člověka

Řízení metabolismu tuků:

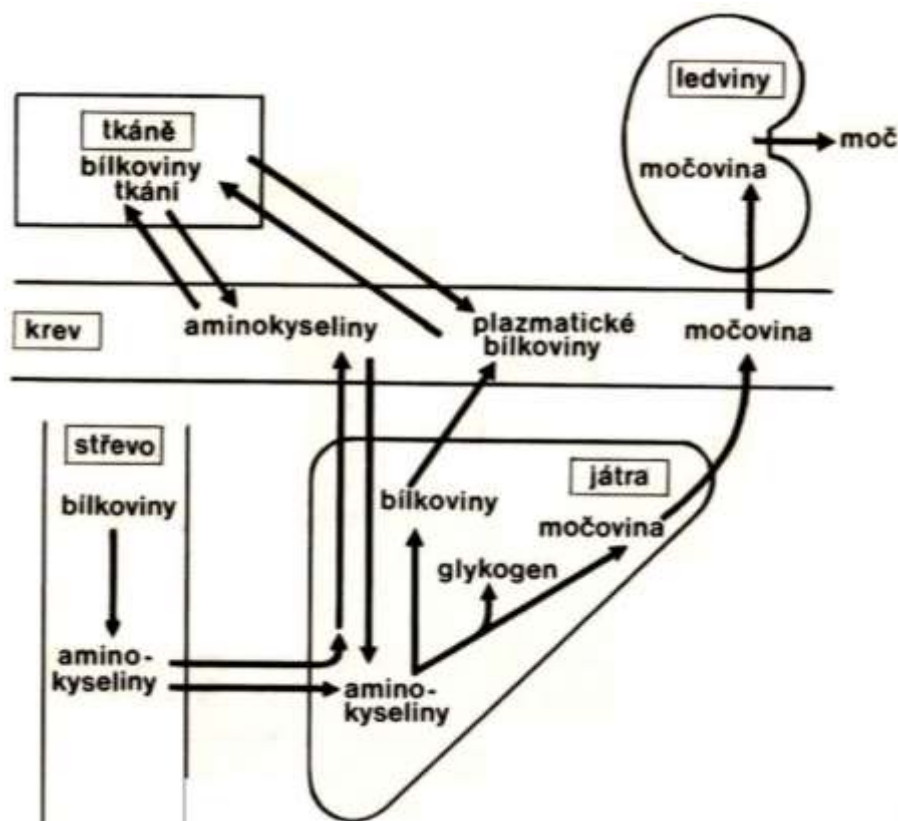
- **nervové:** AVS
- **látkové:** ↓ adrenalin, tyroxin,
↑ inzulin.

5.1.3 METABOLISMUS BÍLKOVIN

Zdrojem aminokyselin jsou **bílkoviny z potravy**, **opotřebované** bílkoviny tkání nebo **sacharidy** (málo).

Vstřebávají se z tenkého střeva do krve. V krvi koluje **5 g/100 ml**.

Použití: syntéza bílkovin tkání a krve (při růstu, sportu, tvorbě mléka),
syntéza enzymů, hormonů (inzulín, adrenalin, thyroxin),
přestavbě na sacharidy a tuk, zdroj energie.



Obr. 51 Transport a dílčí děje při přeměně bílkovin Zdroj: Biologie člověka

KATABOLISMUS BÍLKOVIN

Probíhající reakce: **deaminace** odstranění aminoskupiny z AMK,
transaminace zbytek AMK je recyklováný nebo oxidovaný na výrobu energie.

1. fáze deaminace

- **Odloučení** aminoskupiny ($-\text{NH}_2$) z **AMK** \rightarrow vzniká **amoniak** (čpavek) NH_3 (pro člověka jedovatý),
- působením enzymů a přidáním oxidu uhličitého se amoniak mění na **močovinu** nebo **kyselinu močovou** (v játrech) \rightarrow **ledviny** \rightarrow vyloučí se **močí**.



2. fáze transaminace

Zbytek AMK je **recyklovaný** nebo **oxidovaný** na výrobu **energie**.

- **zbytek AMK** → přeměna na **acetyl-CoA** → **Krebsův cyklus** → **dýchací řetězec** → → **CO₂ + H₂O + energie**

Glukoplastické AMK vstupují do metabolismu **cukrů**, **ketoplastické** do metabolismu **tuků**.

ANABOLISMUS BÍLKOVIN

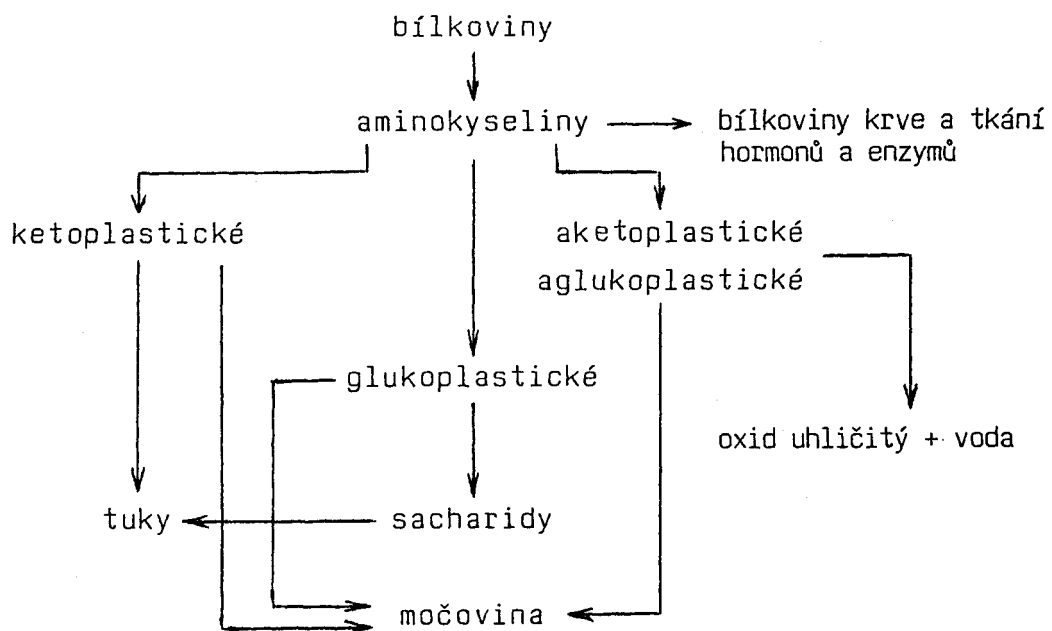
Probíhající reakce: **proteosyntéza** (tvorba bílkovin v buňce, je řízena DNA, RNA),

- 22 AMK, z toho 9 esenciálních.
- Organismus **nedovede** bílkoviny **ukládat do zásoby**, jejich dodávka musí být plynulá.
- Nadbytečné AMK jsou deaminovány, použity jako **zdroj E**.

Druhy bílkovin:

- **tkáňové** **specifické** pro každý živočišný druh a tkáň, je-li podána mimo trávicí systém, vyvolá tvorbu protilátek
- **rezervní** jsou bílkoviny **vlastních tkání**

Neodpovídá-li příjem bílkovin spotřebě, začínají se spotřebovávat bílkoviny jaterní, krevní plazmy, lymfatické tkáně a svalové bílkoviny.



Obr. 52 Schéma přeměny bílkovin Zdroj: Biologie člověka

Řízení metabolismu bílkovin:

- **nervové** AVS, centrum v **hypotalamu**
- **látkové** ↑ **STH, testosteron, tyroxin,**
↓ **glukokortikoidy.**

Dusíkatá bilance:

- **rozdíl** mezi výdejem a příjmem N,
- ↑ příjem B než výdej → pozitivní N bilance (růst, silový trénink, těhotenství),
- ↓ příjem B než výdej → negativní N bilance (vysoké stáří, nemoc),

Pro stanovení výživových norem se udává „**hygienické bílkovinné minimum**“, které definuje příjem bílkovin, který stačí k udržení dusíkaté rovnováhy.

Doporučené hodnoty: děti 3 g N = 18,8 g bílkovin/1kg hmotnosti,
 dospělí 1–1,5 g N/1 kg hmotnosti.

5.1.4 METABOLISMUS VODY

Původ vody v těle:

- **alimentární** (nápoje, jídlo) příjem přibližně **2 l/24 h**
- **metabolický** (vzniká při oxidacích živin v Krebsově cyklu) **0,5 l/24 h**

Voda se vstřebává ve střevech. Přečází do vrátnice → jater → krevního oběhu.

Pro výrobu trávicích šťáv se spotřebuje přibližně **3-8 l/denně**.

Obsah vody v tkáních a orgánech – ledviny 20 l, krev 5 l, tkáň 35 l, tkáňový mok 10 l.

Poruchy normální zavodnění (hydratace):

- **hyperhydrémie** „**přelití**“ (příjem většího množství vody najednou),
zředění krve, voda do mezibuněčných prostor v kůži,
svalstvu,
zvysuje se vylučování vody ledvinami, kůží, plicemi,
- **dehydratace** **odvodnění** (velké ztráty vody pocením),
zahuštění krve, žízeň, omezena sekrece slinných žlázek,
nedostatek vody → poruchy → smrt (3-4 dny).

Řízení metabolismu vody:

- nervově **hypotalamus**
- látkově **přímo** **ADH** udržuje množství vody v těle,
 nepřímo **aldosteron** ↑ resorpcí Na zvyšuje množství ECT
 štítná žláza přesuny H₂O mezi krví a tkáňovým mokem

Hormony zajišťují opatření k udržení normální rychlosti globulární filtrace a tlumí zpětnou resorpci vody v ledvinových tubulech.

5.1.5 METABOLISMUS VITAMÍNŮ

Vitamíny jsou organické látky, které fungují jako **biokatalyzátory** nebo jako hormony. Vitamíny si organismus nedovede vytvořit, dostávají se do trávicí soustavy s **potravou** a **vstřebávají se v tenkém střevě**.

Vitamíny rozpustné v tucích se vstřebávají společně s tuky (nutná lipáza, žluč).

Vstřebané vitamíny jsou **roznášeny krví** a **zachycovány orgány**, které je potřebují.

Některé se **spotřebují oxidací**, jiné jsou **vyloučeny**:

- rozpustné v **tucích** vyloučeny do **stolice**
- rozpustné v **H₂O** vyloučeny do **moče** a do **potu**

Organismus si může nashromáždit **jen omezenou zásobu** vitamínů, nadbytek je vylučován.

Proto **příjem** vitamínů musí být **plynulý**.

Jejich **nadbytek je zbytečný**, v krajních případech i škodlivý (A – změny na kůži a kostech, D – přesun Ca z kostí do měkkých tkání, poruchy v NS).

Provitamín je látka, kterou získáme z potravy a organismus si z ní dokáže vyrobit vitamin (př. karoten – vit. A).

Vitageny jsou látky, které působí v těle podobně jako vitamíny, přijímáme je z potravy a zároveň jsou i stavebním materiálem tkání a zdrojem energie.

PŘEHLED VITAMÍNŮ ROZPUSTNÝCH VE VODĚ (komplex vitamínů B a vitamín C)

Tabulka 4a

Název	Vitamin je významný pro:	Projevy nedostatku	Denní potřeba	Zdroje
vitamín B₁ (aneurin, thiamin)	metabolismus (je koenzymem enzymů)	únava, záněty nervů, obnvy, úbytek svalové tkáně, srdeční a trávicí poruchy; choroba beri-beri	1,6–1,8 mg	droždí, játra, srdce ledviny, brambory vepřové maso
vitamín B₂ (riboflavin)	metabolismus (je součástí koenzymů)	poruchy buněčného dýchání, zastavení růstu, poškození sítnice a rohovky oka, poškození sliznic (tzv. bolavé ústní koutky)	1,6–2,6 mg	kvasnice, obilí mléko a zelenina, vajička, játra
kyselina pantothénová (vitamín B ₅)	metabolismus (je součástí koenzymů, ovlivňuje tvorbu krve)	porušení nervové koordinace křeče svalů	5–10 mg	kvasnice, srdce, játra
vitamín B₆	metabolismus aminokyselin	zastavení růstu, záněty kůže poruchy krvetvorby	2–4 mg	kvasnice, obilí maso, mléko
niacin (kyselina nikotinová)	metabolismus (je součástí koenzymů)	nervové poruchy	18–22 mg	kvasnice, obilí rajčata, mléko rýže, ovoce, maso
kyselina listová	růst (je součástí koenzymů)	poruchy krvetvorby	0,25–0,5 mg	zelené části rostlin, kvasnice, živočišné tkáně
vitamín B₁₂ (kobalamin)	metabolismus nukleových kyselin, krvetvorbu	poruchy krvetvorby, degenerace míšních nervů, záněty sliznic trávicího ústrojí	1,2–1,6 mg	ledviny, játra, maso
vitamín C	buněčné oxidace, tvorbu kolagenu	tělesná a duševní únava, snižená odolnost vůči infekcím, špatný stav vaziv; choroba kurděje	80 mg	citrusové plody, paprika, šípek, černý rybíz

PŘEHLED VITAMÍNŮ ROZPUSTNÝCH V TUCÍCH (vitamíny A, D, E, K)

Tabulka 4b

A (retinol)	udržování normálního stavu epitelů a tvorbu zrakového barviva	změny sliznic a epitelů, snižování jejich odolnosti vůči infekcím, zhoršení vidění zašera	1,5–2,0 mg	provitamín A (karoten) v „barevné“ zelenině (mrkev) a plodech; vitamín A v rybím tuku, mléce
D (kalciferol, antirachitický vitamín)	správný růst a vývoj kostí	křivice (rachitis), měknutí a deformace kostí	0,000 1 mg až 0,01 mg	živočišné tuky, kvasnice
E (tokoferol, antisterilní vitamín)	normální funkce pohlavních orgánů	poruchy tvorby pohlavních hormonů až zastavení spermatogeneze	10–33 mg	obilné klíčky, mléko, vejce, listová zelenina rostlinné oleje
K (protikrvácivý vitamín)	vlastnosti krve	zhoršení srážlivosti krve (nedostatečná tvorba protrombinu)	až 1 mg	zelené části rostlin, (kapusta, špenát), kvasnice

Obr. 53 Přehled vitamínů Zdroj: Biologie člověka

5.2 ENERGETICKÝ METABOLISMUS

Zdroj energie: ATP,
CP (makroergní fosfáty), **cukry, tuky, bílkoviny** (makroergní substráty) svým štěpením, dodávají energii pro vznik ATP.

Tvorba energie:

- **oxidace** ztráta $2e^-$ nebo $2H^+$ z molekuly → ztráta energetického obsahu,
- **redukce** zisk $2e^-$ nebo $2H^+$ z molekuly → zisk energetického obsahu.

Způsoby tvorby energie

- **Anaerobně:**
 - z 2 molekul ADP tvorba 1 ATP,
 - z 1 ADP a CP 1 ATP,
 - z 1 molekuly glukózy 2 ATP,
 - z 1 molekuly glykogenu 3 ATP.
- **Aerobně:**
 - v Krebsově cyklu z 1 glukózy 38 ATP,
 - z 1 MK 130–140 ATP,
 - z 1 AMK asi 40 ATP,
 - na 1 mol acetyl Co–A 10–12 ATP.

Energetická hodnota živin v organismu (spalné teplo)

- **Množství energie** vyjádřené v **kJ (kcal)**, **uvolněné** v kalorimetrické bombě při „spálení“ **1 g živin:**
 - 1 g sacharidů 17 kJ (4 kcal),**
 - 1 g tuků 38 kJ (9 kcal),**
 - 1 g bílkovin 17 kJ (4 kcal).**
- Používá se při sestavování diet.
- Uvolněná energie se mění na **teplo** (30–40 %), **mechanickou práci** (70–60 %).
- Podíl energie uvolněné na práci je účinnost (vykonaná práce/ vydaná energie).
- **Doporučená denní dávka** základních živin (DDD), tj. optimální poměr v přijímané stravě (B:T:C), vyjádřený v jejich váhovém množství
1g B: 1g T: 4-6g C/na 1kg váhy.
- Druhý způsob uvádí, že celková denní energetická spotřeba by měla být kryta z 15 % bílkovinami, z 25 % tuky a z 60 % cukry.

Energetický ekvivalent (EE)

- se používá pro výpočet energie,
- mění se podle druhu a množství živiny, v jakém jsou využívány v organismu,
- **energetický ekvivalent O₂ (EEO₂)** je množství energie uvolněné při spotřebě 1 litru O₂ podle toho, co se právě oxiduje (**cukry – 21 kJ, tuky – 19,6 kJ**).

Respirační kvocient (R)

- je poměr respirační výměny,
- tj. poměr mezi vydaným CO₂ a spotřebovaným O₂ na spálení 1g živiny,
$$R = \text{CO}_2/\text{O}_2$$
- čím je **oxidovaná živina bohatší na O₂**, tím ↓ **O₂ spotřebuje**, tím je ↑ **R**.
- **R** pro sacharidy 1,0 **R > 1** (živiny **bohatší O₂** → na živiny **chudší O₂**)
bílkoviny 0,8
tuky 0,7 **R < 0,7** (přeměna **B, T** → **C**)
- kritérium pro dosažení maximální zátěže (> 1,1),
- v **praxi** se používá O₂ ekvivalent: klid EEO₂ = 20 kJ / 1 l O₂
práci EEO₂ = 21 kJ / 1 l O₂

BAZÁLNÍ METABOLISMUS (BM)

- je tabulková hodnota udávající množství energie potřebné k udržení životně důležitých funkcí, základní látkové a energetické přeměně,
- udává se v kJ nebo kcal (přepočít 1kcal = 4,18 kJ),
- **BM dospělého člověka 5450–8350 kJ/24 hod**,
- se stanoví při dokonalém svalovém a duševním klidu, vleže, 12–18 hod bez jídla před měřením, 48 hod strava bez bílkovin, teplota místnosti 20° C,
- se vypočítá podle vzorce **BMR** (Basal Metabolic Rate):
$$\text{BMR (muži)} = 66 + (13,8 \times \text{váha v kg}) + (5 \times \text{výška v cm}) - (6,8 \times \text{věk})$$
$$\text{BMR (ženy)} = 655 + (9,6 \times \text{váha v kg}) + (1,8 \times \text{výška v cm}) - (4,7 \times \text{věk}).$$

Závisí:

- **výšce a hmotnosti** čím je člověk vyšší, tím má vyšší hodnotu BM, 1 kg hmotnosti 4,2 kJ /hod (1kcal/hod), nejpřesnějším měřítkem je tělesný povrch,
- **věku** v dětském věku je metabolismus nejaktivnější, ke stáří klesá,
- **pohlaví** ženy < muži o 5–7 %.

BM ovlivňuje:

- **potrava** ↑ metabolismus (práce endokrinních žláz, hladkých svalů, živiny),
↓ metabolismus (hladovění),
- **teplota zevního prostředí** čím je ↑ teplota okolí, tím je ↓ BM,
- **svalová činnost** vliv nejvýraznější, napětí svalů ↑ metabolismus,
- **podmíněné reflexy** ↑ metabolismus.

Náležitý bazální metabolismus (nál. BM)

- je **tabulková hodnota** stanovená podle velikosti těla, věku a pohlaví odpovídá hodnotám průměrné zdravé populace,
- **BM = 100 % nál.BM**

Klidový metabolismus (KM)

- odpovídá úrovni metabolismu při tělesném klidu,
- **KM = 110–120 % nál. BM**

Pracovní metabolismus (PM)

- vyjadřuje úroveň metabolismu při určité tělesné práci
- PM je součet KM a pracovních přírůstků (dle denního režimu práce)
- **PM = 150–30 000 % nál. BM**

Metody stanovení energetického výdeje:

- **energometrie přímá** měří E, vyzářené teplo v uzavřených boxech,
- **energometrie nepřímá** využívá výpočtů z VO_2 , VCO_2 ,
- z jiných výpočtů př. SF, ventilace,
- z tabulek.

6 FYZIOLOGIE VYLUČOVÁNÍ

Vylučování (**exkrece**) je uskutečňováno několika způsoby:

- **extrarenální**
 - plic** CO₂, H₂O, aceton, alkohol,
 - TS** H₂O, nestrávené zbytky potravy,
 - kůž** H₂O, NaCl, močovina, kyselina močová, MK, laktát (LA), kreatin,
- **renální** **ledviny** primární exkrece.

Struktura ledvin:

- **m = 150 g**,
- červenohnědý, párový orgán podél páteře, fazolovitého tvaru (12 x 6 x 4 cm),
- uloženy v tukovém polštáři.

6.1 LEDVINY (renes)

Funkce:

- **exkreční** tvorba moči,
vylučují kyselé produkty metabolismu,
odstraňují exkrementy (tím udržují stálý objem krevní plazmy a tělesných tekutin),
- **metabolické resorpce** látek,
syntéza kreatininu, kalcitriolu (hormon ovlivňující metabolismus vápníku a fosforu),
- **řídící** vylučují **erythropoetin** (EPO) až 90 %, řídící erythropoézu,
renin, silně vazokonstrikční látku, ↑ ECT, ovlivňující TK.

Význam:

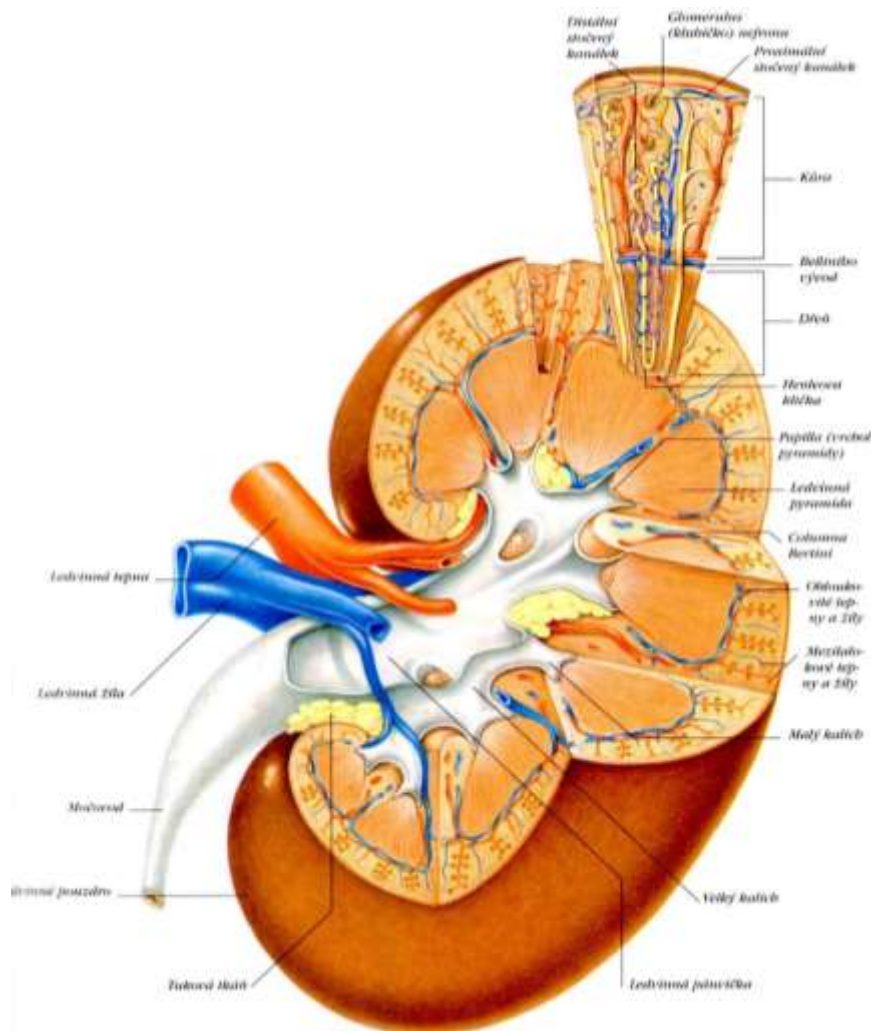
Udržují homeostázu ECT z hlediska objemu, osmolality (obsahu elektrolytů), pH.

Fyziologické ukazatele:

- průtok krve ledvinami **1,2 l/min**,
- spotřeba O₂ v kůře 9 ml/100 g/min, ve dřevě 0,4 ml/100 g/min.

Stavba:

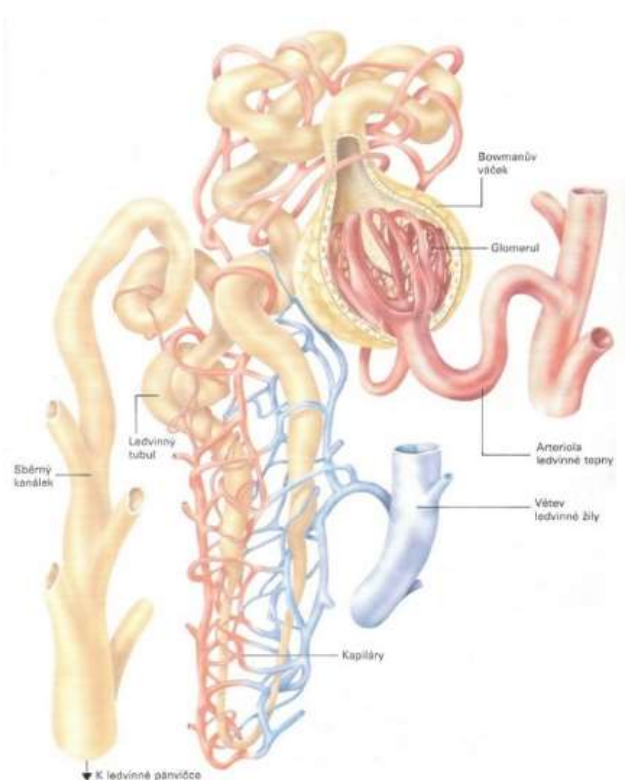
- **vazivové pouzdro**,
- **kůra** světlejší, (Malpighiho tělísko, primární a sekundární tubulus, část Henleovy kličky, část sběrných kanálek),
- **dřeň** tmavší, žíhaná, (ledvinové pyramidy (10–12), obsahují sestupnou a vzestupnou část Henleovy kličky, sběrný kanálek ústí na ledvinových papilách),
- **ledvinová pánvička** nasávací činnost kalichů,
- **močovod** peristaltické vlny 1–5x/min,
- **močový měchýř** 300–400 ml nucení, 700 ml ovládat vůlí, max 1–2 l,
- **močová trubice**.



Obr. 54 Ledvina Zdroj: Encyklopedie lidského těla

NEFRON

- základní, **stavební a funkční jednotka** ledvin,
- 1mil, 1 = 45–65 μm ,
- Malpighiho tělísko (**glomerulus, Bowmanův váček**),
- **proximální tubulus** (I. řádu),
- **Henleova klička**,
- **distální tubulus** (II. řádu),
- **sběrný kanálek**.



Obr. 55 Nefron *Zdroj: Lidské tělo*

Řízení ledvin:

- **nervová** **AVS** – sympatikus – ovlivňuje průtok ledvinami vasokonstrikcí,
↓ diurézu,
autoregulace – při zvýšeném TK na cévy – se sami rozšíří/zúží,
- **látkové** **ADH, aldosteron, parathormon,**
- **centrum** pro volní močení (mikce) S1-S2.

6.2 TVORBA MOČI

Probíhá v následujících fázích. Filtrace, resorpce, sekrece a koncentrace.

Glomerulární filtrace

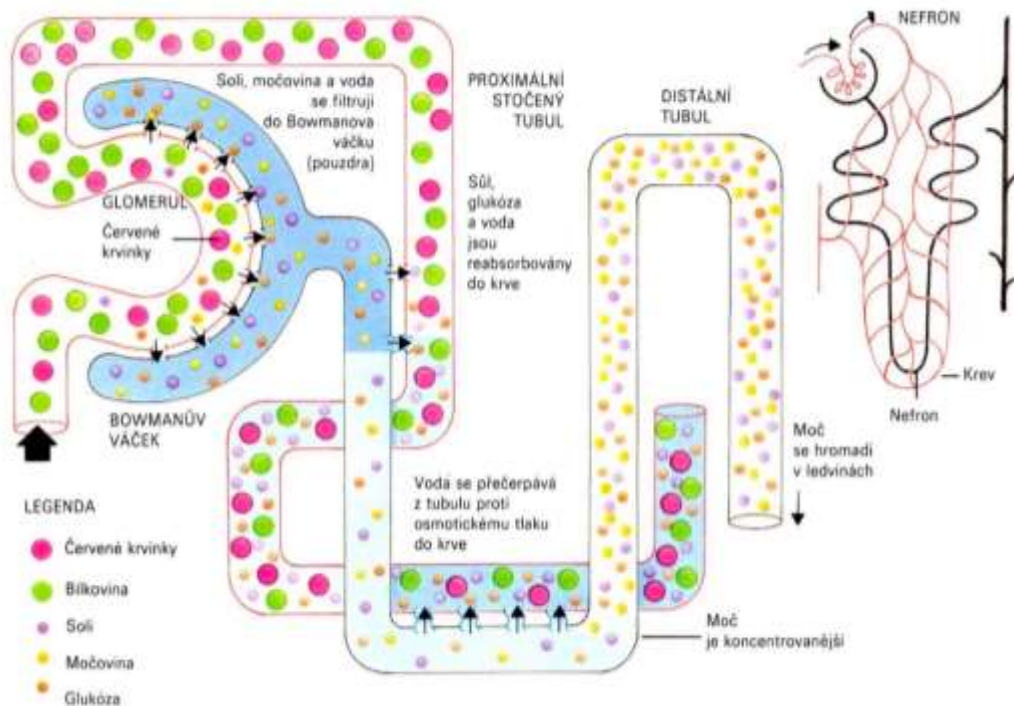
- Krev z glomerulu přes Bowmanovo pouzdro – tekutina stejného složení jako plazma s výjimkou bílkovin (stěny nepropustí fibrinogen, globuliny),
- vzniká **ultrafiltrát** plazmy (**primární moč**) **170–180 (200) l/24 h**,
- muži 125 ml/min, ženy 110 ml/min,
- **záleží na tlaku krve** v kapilárách glomerulů, **rozšíření** přívodní cévky a **zúžení** odvodní cévky,
- výsledný **filtrační tlak** je dán **rozdílem TK** (v glomerulech) a **velikostí osmotického tlaku**.

Tubulární resorpce

- 99 % glomerulárního filtrátu se vstřebává.
- **Proximální tubulus** resorpce **70–80 % H₂O**,
resorpce 70–80 % **ionty**, rozpuštěné **látky** (glukóza, AMK, vit. C, močovina),
izotonická tekutina,
- **Henleova klička** resorpce **5–7 % H₂O**,
protiproudový systém (**recirkulace** osmoticky aktivních l)
tenké sestupné raménko **propustné** pro H₂O → **hypertonická** tekutina,
tlusté vzestupné raménko **nepropustné** pro H₂O, aktivní resorpce Na⁺ →
→ **hypotonická** tekutina.

Krev z hypertonické dřeně – do izotonické kůry (přenáší se částice) – přijímá H₂O z krve proudící opačným směrem.

- **Distální tubulus** resorpce **0,5–20 % H₂O**,
ovlivňuje ADH-podle potřeb organismu,
vstřebává se část elektrolytů,
- **sběrné kanálky** resorpce **2–15 % H₂O**,
definitivní úprava moče,
vliv ADH.



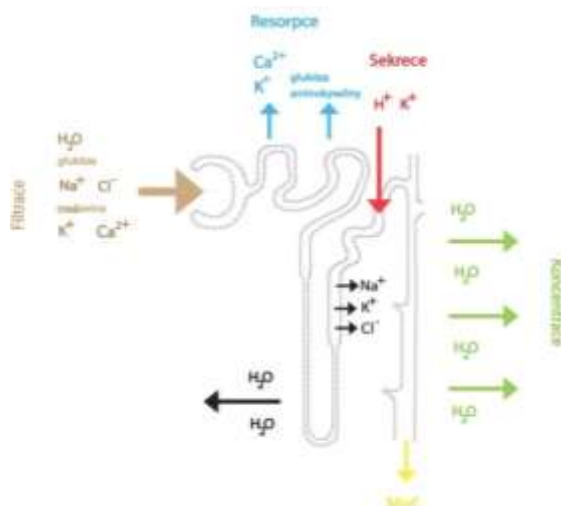
Obr. 56 Tvorba moči Zdroj: Lidské tělo

Tubulární sekrece

- sekrece H^+ buňkami proximálního, distálního tubulu a sběrných kanálků **proti koncentračnímu spádu**, tím ovlivňuje **pH** moči v závislosti na potřebách org.,
- sekrece léků (penicilin, antibiotika, sulfoamidy), **žlučová barviva**.

Koncentrace

- vzniká **definitivní moč**, **diuréza 1–1,5 l/24 hod**,
- čirá, nažloutlá, charakteristického zápachu, závisí na množství přijatých tekutin.



Obr. 57 Fáze tvorby moči Zdroj: www. fblt.cz

Tvorba moči probíhá neustále, složení kolísá:

- pH 4,5–8, hustota 1015-1025 (hustota moči k hustotě vody, bezrozměrné číslo),
- **organické l.:** obsahující **N** (produkt metabolismu),
močovina (produkt metabolismu bílkovin),
kyselina močová produkt metabolismu
nukleoproteinů, vyskytují se
v podobě solí, močanů
kreatin (vzniká z kreatinu v kosterním svalstvu),
močová barviva – **urochrom, sterkobilin, uroerytrin,**
šťavelan vápenatý,
- **anorganické l.** **NaCl, soli Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺**

Látky obvykle se v moči **nevyskytující** jsou **bílkoviny**.

Objevují se stopově a to při:

- sportovní zátěži, delším stání, chůzi (pracovní proteinurie), v klidu bílkoviny z moči vymizí,
- bílkovina v moči např. bilirubin (albuminurie), tj. známka choroby (zánět jater, infekční hepatitida).

7 FYZIOLOGIE KŮŽE A TERMOREGULACE

7.1 KŮŽE

Povrch kůže 1,6–2 m², váží cca 3 kg (s tukovou tkání až 20 kg), obsahuje 72 % H₂O.

Funkce kůže:

- **ochranná** proti vlivům mechanickým (mozoly),
chemickým (nižší pH, regulace vylučování H₂O, soli),
radiaci (proti UV záření – melanin),
vysychání (tuková emulze),
- **obranná** imunitní (samočistící), pot a maz, kyselé pH,
- **percepční** exteroceptory na bolest, dotyk, chlad a teplo,
- **termoregulační** využívají fyzikální mechanismy (iradiace, konvekce, kondukce, evaporace) a fyziologické – cévní (vazokonstrikce, vazodilatace)
- **exkreční** pot pH 5, (H₂O, Na⁺, K⁺, urea, kreatin, LA, MK),
maz MK, glyceridy, steroly,
- **resorpční** využití v dermatologii, revmatologii, TVL – účinek mastí, gelů, účinné látky rozpustné v tucích,
- **depotní** zásoby tuku, krve,
- **metabolická** vlastní látková výměna, rohování, přeměny provit. D,
- **identifikační** kriminalistika (**daktiloskopie**),
- **diagnostická** aktuální stav i různé nemoci (teplota, barva).

Kůže a stres

Odraz psychických reakcí se může projevit na kůži **zčervenáním** nebo **zblednutím**.

Vliv stresu vede ke **zhoršení kožních obtíží** i k propuknutí onemocnění a opačně.

Změny kožního odporu vypovídají o aktuálním stavu CNS (detektor lži v kriminalistice).

Kožní oblasti (**dermatomy**) odpovídající jednotlivým míšním segmentům. Této skutečnosti se využívá při reflexních masáží.

7.2 TERMOREGULACE

Řízení tělesné teploty. Spojeno s metabolismem.

Člověk je tvor homoiotermní (má stálou tělesnou teplotu) a **endotermní**, má regulační mechanismy k udržení konstantní teploty těla.

Části těla:

- **slupka** (povrch těla) ovlivněna teplotou prostředí,
- podkožní tuk, svalové fascie izolují vnitřek těla od vnějšího prostředí, vytváří se zde teplotní spád (gradient),
- **jádro organismu** orgány, játra (nejteplejší), nejvyšší úroveň metabolismu.

Tělesná teplota

- **endotermie** $x = 36,4–37,4\text{ °C}$
- probíhá optimální látková výměna – řízena AVS,
- **kolísá** v průběhu dne o **0,5 °C**,
- denní rytmus tělesné teploty (↓ 4.–5. hod, ↑ 16.–17. hod), ↑ při práci o 1–2 °C a po jídle,
- fyziologicky dlouhodobější kolísání (během ovulace ↑ se o 0,5°C),
- **měření teploty** v konečníku $x = 37\text{ °C}$,
v podpaží o 0,5–1° C nižší než průměr,
pod jazykem o 0,2–0,5° C,
- **závislá na prokrvení kůže**, její ochlazování, **krytí kůže** oděvem, **teplotě okolí**.

Rozmezí hodnot tělesné teploty

44–45° C	ireverzibilní denaturace proteinů → smrt,
41–44 ° C	úpal, zranění mozku (ztráta termoregulace),
38–41 ° C	horečka, těžká práce nebo cvičení,
36–38 ° C	normální aktivita zdravého člověka,
33° C	ztráta vědomí, hypotermie,
30° C	ztráta termoregulačních schopností,
28° C	poruchy srdeční činnosti → smrt.

Tvorba tepla

- **termogeneze** probíhá při chemických reakcích v každé činné tkáni,
- **klid** 4/5 **játra a vnitřní orgány**, 1/5 **svalstvo**,
- **práce** **svalstvo** asi 90 % (kosterní svaly), **játra** (metabolismus), **hnědá tuková tkáň** u novorozenců.

Ztráty tepla:

- **vedením (kondukcí)** 1–10 %
je-li kůže ve styku s chladnějším prostředím (vzduch – malé, voda – 24x rychleji, dotyk předmětů),
- **prouděním (konvekcí)** 7-15 %
ohřívání vrstvičky zevního prostředí naléhající na kůži, záleží na rychlosti, s jakou se vrstva obnovuje
- **odpařování (evaporace)** 20–25 %
pocením (0,5 l /den) a dýcháním,
pocením nastává při vzestupu teploty o 0,2–0,5 °C,
v 1 l potu je 2,5 g soli, po odpaření 1 l potu – (2300–2428 kJ),
- **vyzařováním (sáláním, radiací)** 55–60 %
ztrácíme z míst, která se navzájem nedotýkají,
ovlivňuje poloha těla (schoulení do klubíčka jen 40 %), vlhkost prostředí, zevní teplota, teplo, které organismus přijímá z okolních předmětů.

REGULACE TĚLESNÉ TEPLoty

Chemická

- řídí **tvorbu tepla**, které se uvolňuje při **oxidačních dějích**,
teplotní neutrální zóna (udržuje se stálá teplota jádra **28–32° C**),
v klidu tvorba tepla – 330 kJ/hod,
při práci až 1000 kJ/hod,
- **třesová termogeneze** ↑aktivita **motorického** systému, krátké stahy svalů,
- **netřesová termogeneze** ↑aktivita **sympatiku** /katecholaminy (KA) –
adrenalin (A), noradrenalin (NA)↑oxidační
pochody v mitochondriích/.

Fyzikální

- upravuje se výdej tepla **fyzikálními procesy**,
- rozhodující je **spád teploty** mezi kůží a zevním prostředím,
- závisí **prokrvení kůže** – vazokonstrikce ↓, vazodilatace ↑,
odívání,
vyzařování tepla,
vedení tepla (v různých prostředích se liší),
proudění vzduchu,
odpařování potu.

MECHANISMY TERMOREGULACE

Optimální rozmezí teploty nastává, když **ztráty** tepla jsou **minimální**, **tvorba tepla** je **malá**, **metabolismus** je **nejmenší**.

Mechanismy aktivované horkem:

- **↑výdej tepla** fyzikálními mechanismy (sálání, odpařování, vedení, proudění),
vazodilatace kožních oblastí,
pocení s odpařováním potu,
polypnoe,
- **↓tvorby tepla** snížení činnosti,
nechutenství,
snížení tvorby hormonů (tyroxin, KA),
- **adaptace na teplo** zlepšení tepelné regulace,
nižší ztráty NaCl,
dřívější pocení a žízeň,
trénink,
- **hypertermie** horečka způsobená uvolněním pyrogenů při infekci, zánětu
(1. fáze pocit chladu a třes, 2. fáze pocit tepla, pocení).

Mechanismy aktivované chladem:

- **↓ výdeje tepla** vazokonstrikce kožních oblastí (snížení průtoku), „schoulení“ zmenšení povrchu těla, „husí kůže“,
- **↑ tvorby tepla** chemická termoregulace, hlad,
- **adaptace na chlad**
 - metabolická** ↑ se při ní tvorba tepla (typická pro arktické indiány),
 - izolační** - ↑ podkožní vrstva, pro osoby se 4 % tuku je kritická teplota 35°, pro osoby s 20 % je kritická teplota 32° (australští domorodci),
 - hypotermická** ↓ výdej i tvorba tepla (peruánští indiáni)
 - smíšená** hypometabolická a izolační (japonské lovkyně perel),

Hypotermie (podchlazení):	obranné	34°–37°	třes, zrychlení SF, DF,
	vyčerpání	27°–34°	spavost, ztuhlost, arytmie,
	ochrnutí	24°–27°	k neprobuzení, fotoreakce +,
	zdanlivá smrt	pod 24°	bezvědomí, fotoreakce –,
	smrt	pod 13°	(pod 9° při hybernaci).

Poruchy termoregulace:

- **podchlazení (hypotermie)** převaha metabolismu tuků nad sacharidy,
- **záněty (bronchitidy)** krátkodobé podchlazení dýchacích cest,
- **omrzliny** lokální působení teploty (při větru může být i nad 0° C),
- **přehřátí (hypertermie)** při ↑ teploty a selže-li fyzikální termoregulace,
- **horečka**
- **úpal** vysoká zevní teplota a vlhkost vzduchu,
- **úžeh** přímé působení paprsků na kůži – až kožní záněty.

Řízení termoregulace:

- **nervové** centrum **hypotalamus, CNS**
 - mimovolní** **sympatikus**, termoreceptory v kůži, svalech,
 - volní** pohyby kosterního svalstva,
- **látkové** **tyroxin (T4)** dlouhodobá adaptace na chlad, **kortizol** rychlá reakce na ochlazení.

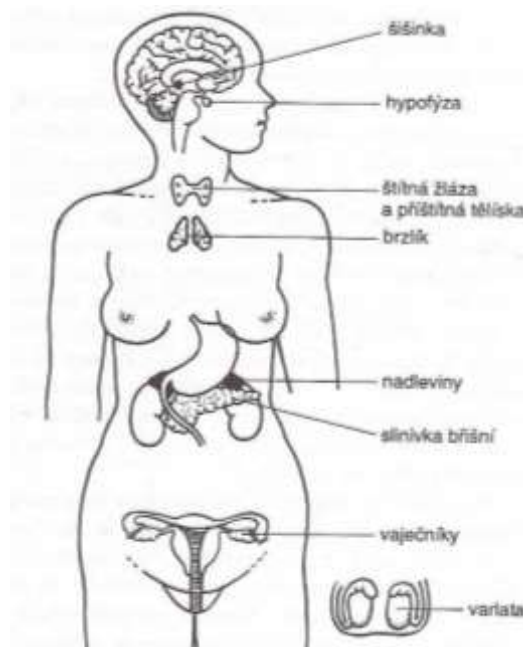
8 ENDOKRINNÍ SYSTÉM

Ovlivňuje a řídí prostřednictvím **hormonů** vznikajících ve **žlázách s vnitřní sekrecí**, některé jsou vylučovány z **tkání**.

Žlázy s vnitřní sekrecí jsou malé útvary (hypofýza 0,6 g, štítná žláza 45g) bohatě zásobeny krevními vlásečnicemi.

Podněty k vytváření hormonů přicházejí **krví** nebo **nervovými drahami**.

K cíli jsou **přenášeny krví a tkáňovým mokem**.



Obr. 58 Žlázy endokrinní soustavy v těle Zdroj: Biologie člověka

8.1 HORMONY

- jsou různé chemické stavby (bílkoviny, peptidy, deriváty AMK, steroidy),
- působí v **malých koncentracích** na cílový orgán,
- **řídí různé děje** chemického charakteru v buňkách,
- jsou **nositeli** určité **informace**,
- druhy: **hormony** – vylučovány do krve endokrinními žlázami,
neurohormony – produkovány neurosekrečními buňkami,
tkáňové hormony – vylučovány z tkání, které slouží primárně jiným účelům.

Funkce:

- **udržují homeostázu** organismu (přeměnu anorganických látek a H₂O),
- **řídí metabolismus** živin,
- podporují **vývoj a růst**,
- **řídí** činnost jiných žláz (viz. hypothalamo – hypofyzární systém)
- účastní se řízení **rozmnožování**.

Hormonální řízení

- **přímé** hormon působí **přímo** na cílový **orgán**, proniká do buňky – reaguje s receptorem (pro daný hormon) v cytoplazmě nebo jádře – vzniká „**hormon-receptorový komplex**“ – ovlivňuje **proteosyntézu**,
- **nepřímé** **receptor** je obsažen v **cytoplazmatické membráně (CM)**, vzniklý komplex **ovlivňuje propustnost** CM pro určité látky.

U člověka je humorální regulace uspořádaná do hierarchických systémů.

Regulační systémy

- **nervový** **nadřazený ostatním**, rychlé zásahy po drahách, elektrochemické změny, reflexní děje, integrační a asociační činnost,
- **endokrinní** **zpětnovazebný**, pomalejší regulace, ovlivňuje celkově – růst, vývoj, metabolismus, sexuální funkce, ovlivňuje místně – tropní hormony (působí na podřízené žlázy), lokální hormony,
- **imunitní** **nejpomalejší** (neplatí pro alergii), (ne)specifická imunita.

Spojovací články

- **tymus** endokrinní x imunitní systém,
- **mozek, hypothalamus, dřeň nadledvin** NS x endokrinní systém, funkce integrační (tvorba endorfinů), modulační (dopaminergní, serotonergní, adrenergní s.), regulační (liberiny, statiny, oxytocin, ADH).

8.2 ZPĚTNÁ VAZBA

- **jednoduchá** hormon **kontroluje metabolit** – **produkt** metabolismu,
inzulin x glukóza,
parathormon x Ca⁺⁺
hormon **kontroluje hormon** TSH x tyroxin,
ACTH x kortikoidy,
- **složitá** CNS, hypotalamus, hypofýza, periferní žláza,
- **pozitivní** sekrece řídicího se hormonu **zvýší**,
- **negativní** sekrece řídicího hormonu se **tlumí**, (je u většiny funkcí).

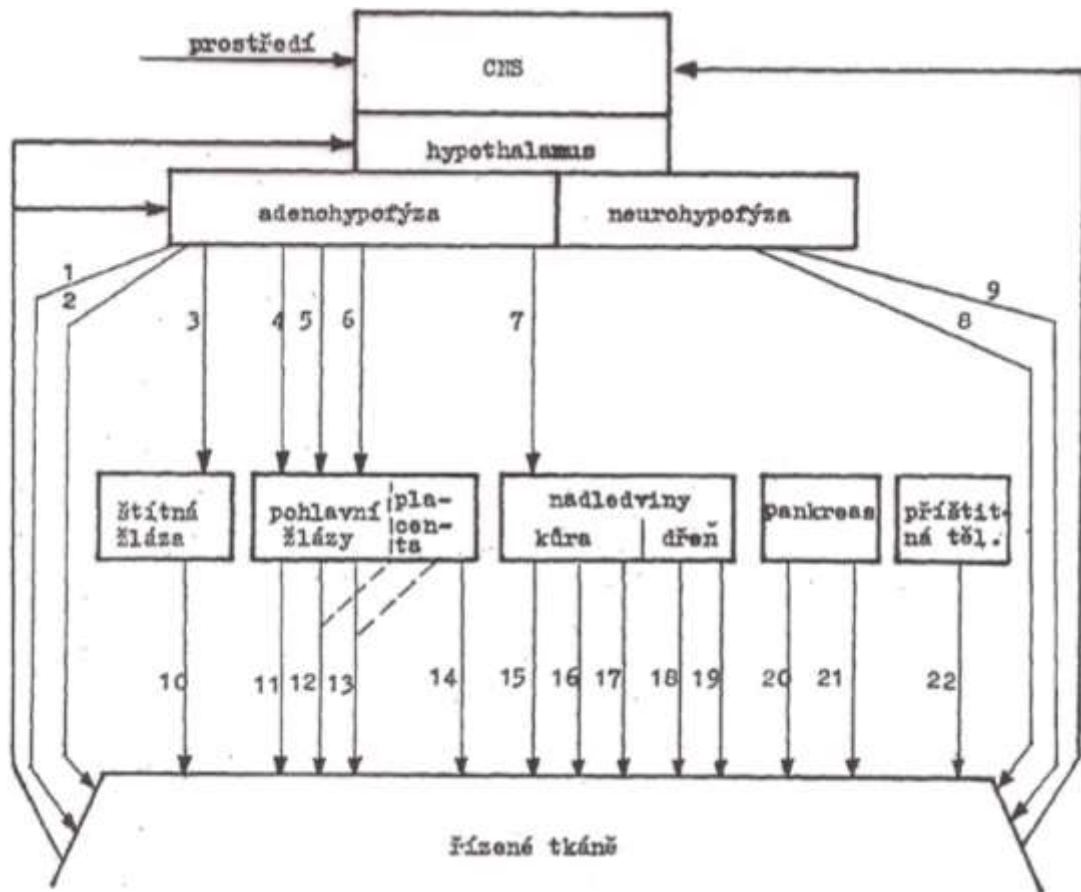
Nedostatek hormonu periferní žlázy v krvi **zvýší** tvorbu příslušného hormonu při **pozitivní zpětné vazbě**, **sníží** při **negativní vazbě**.

Nadbytek periferních hormonů působí **tlumivě** v adenohipofýze, **nedostatek** působí **dráždivě** na hypotalamus.

Typy zpětných vazeb

- **1. typ** množství vyloučeného **hormonu** působí **přímo ve žláze** samé a tlumí sekreci (záporná vazba),
- **2. typ** **hormon** působí na **metabolismus** ve tkáni, zde vyvolá **specifický efekt** – následně **metabolický efekt** – tlumí další sekreci,
- **3. typ** účast **hypofýzy a další žlázy**, nejsložitější.

HIERARCHIE ENDOKRINNÍCH ŽLÁZ



- | | |
|--------------------------------------|----------------------------|
| 1 - somatotropin | 12 - estrogeny |
| (2 - melanotropin ze střední laloku) | 13 - progesteron |
| 3 - thyreotropin | 14 - choriogonadotropin |
| 4 - folitropin | 15 - glukokortikoidy |
| 5 - lutropin | 16 - mineralokortikoidy |
| 6 - prolaktin | 17 - androgeny a estrogeny |
| 7 - kortikotropin | 18 - adrenalin |
| 8 - adiuretin | 19 - noradrenalin |
| 9 - oxytocin | 20 - inzulin |
| 10 - thyroxin a trijódtyrenin | 21 - glukagon |
| 11 - testosteron | 22 - parathormon |

Obr. 59 Přehled endokrinní soustavy v těle *Zdroj: Biologie člověka*

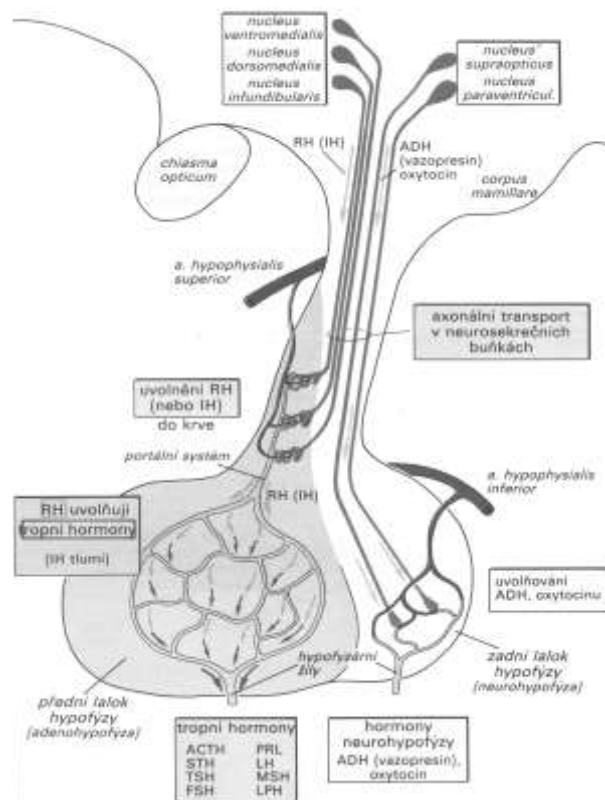
8.3 HYPOTHALAMO – HYPOFYZÁRNÍ SOUSTAVA

HYPOTHALAMUS

- je součástí mezimozku,
- řídí činnost vnitřních orgánů
- vyměšuje hormony (spouštěcí /**liberiny**/ a tlumící –inhibiční /**statiny**/, řídící činnost **adenohypofýzy**), které jsou odevzdávány do neurohypofýzy,
- probíhá tvorba **oxytocinu** a **vazopresinu** (hospodaření s H₂O) neurosekrecí.

8.3.1 HYPOFÝZA (podvěsek mozkový)

- je na bázi lební v tureckém sedle kosti klínové, spojena stopkou s hypothalamem,
- má svůj hypofyzární portální oběh,
- **adenohypofýza** přední část., typická žláza s vnitřní sekrecí,
- **neurohypofýza** zadní část, tvořena z nervových vláken a gliových buněk.



Obr. 60 Hypofýza Zdroj: Biologie člověka

ADENOHYPOFÝZA

- **STH** (somatotropní h.) t. č. se spíše používá **GH** (growth hormon)
stimuluje metabolismus tkáňových **bílkovin**,
růst kostní dřevě,
gigantismus (nadbytek), nanismus (nedostatek),
kretenismus (nesprávné proporce), akromegalie,
- **ACTH** (adrenokortikotropní h.) **mobilizuje tuk** z tukové tkáně, nadledviny,
- **TSH** (tyreoidální stimul. h.) ovlivňuje **funkci štítné žlázy i velikost**,
- **MSH** (melanocyty stimulující h.) **tvorba pigmentu** při opalování, rozptyluje
zrníčka pigmentu (melaninu) v plazmě, kůže tmavne,

gonadotropní hormony:

- **FSH** (folikulostimulační h.) **tvorba a zrání folikulů** a spermií,
- **LH** (luteinizační h.) u mužů **aktivace** endokrinní **tkáně varlete**,
u žen **aktivace** endokrinní **tkáně** bez sekrece hormonů,
stoupá v těhotenství (max. na počátku kojení),
společně **↑sekreci estrogenů**,
dozrávání **folikulů**, přeměna ve žluté tělísko,
produkce progesteronu,
↑ sekreci testosteronu v Leydigových buňkách,
- **Prolaktin** **růst mléčné žlázy, tvorba mléka**,
ovlivňuje rodičovské chování,

Po chemické stránce se **proteohormony** dělí na **polypeptidy** (ACTH, MSH), **proteiny** (STH, LTH) a **glykoproteiny** (TSH, FSH, LH).

Řízení činnosti:

- z hypotalamu,
- hormony **spouštějící** hypofyzární produkci hormonů **RS** (releasing hormon) –
liberini – ACTH, TSH, LH, FSH, STH – somatoliberin,
- hormony **tlumící** hypofyzární produkci **IH** (inhibiční) –
statini – prolaktin, MSH, STH – somatostatin.

NEUROHYPOFÝZA

- Hormony (peptidy) vznikají v jádrech hypotalamu (nucleus supraopticus - ADH, nucleus paraventricularis – oxytocin),
- **ADH** (antidiuretický h.) sekrece závisí na osmotickém tlaku a objemu tělesných tekutin,
↑ **zpětnou resorpci Na⁺ a H₂O** v distálním a sběrném kanálku, podílí se na **vázokonstrikci** při ztrátách vody,
- **Oxytocin** způsobuje **kontrakci** děložního svalstva a vývodů mléčných žláz,

Řízení činnosti:

- nervové z hypotalamu **zpětnou vazbou**, řídí TK, objem ECT.

8.3.2 BRZLÍK (thymus)

- Je nepárový orgán, za horní částí sternu, roste do puberty, pak se zmenšuje,
- **Thymosin** ovlivňuje **zrání T-lymfocytů**.

8.3.3 EPIFÝZA, ŠIŠINKA (epiphysis cerebri)

- Uložena nad čtverhrbolím, řídí denní rytmus člověka,
- **Melatonin pigmentace kůže**, sekrece pouze ve tmě, světlo sekreci tlumí, **brzdí pohlavní činnost** (produkci pohlavních hormonů, žláz), při zástavě produkce vzniká předčasná puberta, antagonist MSH.

8.3.4 ŠTÍTNÁ ŽLÁZA (*glandula thyreoidea*)

Párová žláza po stranách dolní části hrtanu. Tvořena žlázovými buňkami uspořádanými do uzavřených váčků (folikulů).

Folikulární buňky

- **Thyroxin (T4)** ovlivňuje růst a vývoj,
↑ lipolýzu, glykolýzu, proteosyntézu,
oxidace a tvorbu tepla,
- **Trijódthyronin (T3)** zvyšují a zrychlují činnost CNS.

Parafolikulární buňky:

- **Kalcitonin** ↓ hladinu Ca^{++} v plazmě zvýšenou absorpcí do kostí,
podmínkou vzniku hormonu je vylučování jódu a hromadění ve
štítné žláze,
při vyšší koncentraci ↑ TK, V, TF, pocení, hubnutí,
nedostatek v dětském věku (**kretenismus**) způsobuje zpoždění
tělesného i duševního vývoje, v dospělém věku tlumí tělesné
funkce,

Zvětšení štítné žlázy – **struma**, jednou z příčin vzniku strumy je **Basedova choroba**.



Obr. 61 Štitná žláza *Zdroj: Lidské tělo*

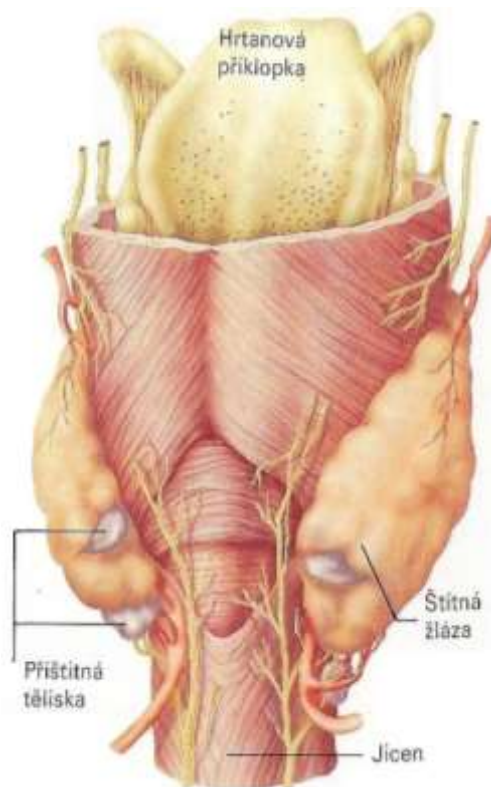
8.3.5 PŘÍŠTITNÁ TĚLÍSKA (glandulae parathyreoidea)

Čtyři čočkovité útvary na zadní straně štítné žlázy.

- **Parathormon** řídí metabolismus Ca a fosforu, udržuje koncentraci Ca^{2+} (2,5 mmol/l), P (1,1 mmol/l),
- při hyperfunkci odvápnění kostí (osteoporóza 4,2 mmol/l), zvýšená lomivost kostí,
- při hypofunkci ↓ koncentrace Ca^{2+} v krvi – vznikají křeče, ↑ nervosvalovou dráždivost – tetanie dýchacích svalů-smrt

Řízení vylučování:

- látkové ↑ koncentrace Ca^{2+} v krvi tlumí se sekrece,
↓ koncentrace Ca^{2+} v krvi zvyšuje se sekrece.



Obr. 62 Příštitná tělíska Zdroj: Lidské tělo

8.3.6 LANGERHANSOVY OSTRŮVKY – PANKREAS

LO jsou shluky buněk (1–2 milionu) mezi pankreatickými váčky (vylučují pankreatickou šťávu), které produkují hormony.

Alfa buňky

- **Glukagon** vzniká v buňkách Langerhansových ostrůvků, ↑ **glykémii** rozpadem jaterního glykogenu.

Beta buňky

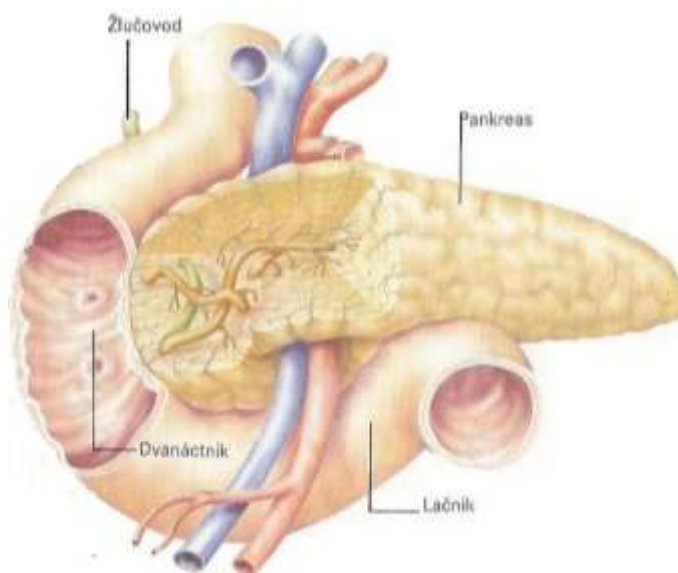
- **Inzulin** ↓ **glykémii** přesunem glukózy přes CM do buněk svalstva, ovlivňuje glykogenezi, lipogenezi, proteosyntézu.

Delta buňky:

- **Somatostatin** inhibuje STH, glukagon, inzulin.

Poruchy:

- cukrovka (**diabetes mellitus**),
- hypoglykémie, zpomalení uvolňování glukózy do krve, jater,
3,3 mmol/l svalová slabost, dvojí vidění, hlad, porucha barevného vidění, závratě, pocení,
2,8 mmol/l nekoordinované svalové stahy, apatie, těžký pocit únavy, ztráta vědomí – hypoglykemický šok.



Obr. 63 Langerhansovy ostrůvky *Zdroj:* Lidské tělo

8.3.7 NADLEDVINA (*glandulae suprarenales*)

Párový orgán na horním pólu ledvin. Složen z kůry a dřeně.

KŮRA

- nezbytná k životu, řídí **metabolismus elektrolytů a živin**,
- obsahuje cholesterol, vit. C, steroidy.

Mineralokortikoidy

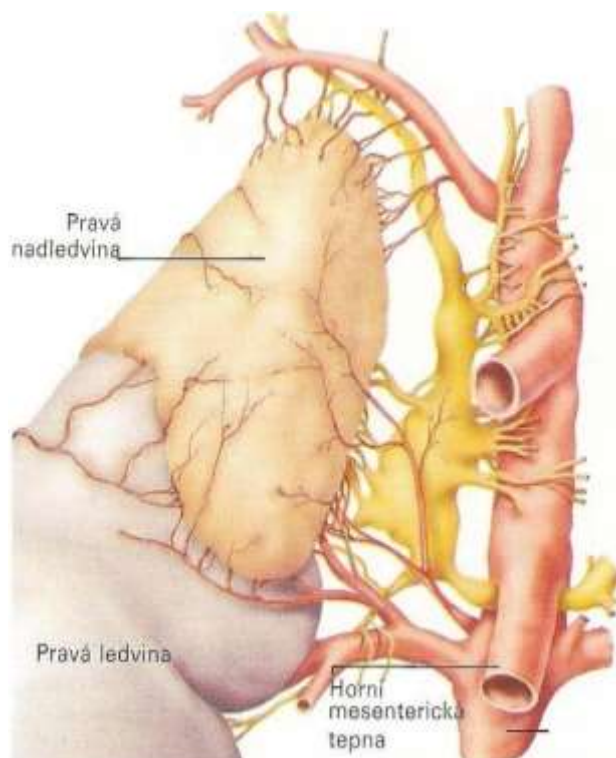
- **Aldosteron** zajišťuje homeostázu, ↑ zpětné vstřebávání Na^+ , množství vody, ovlivňuje vylučování K^+ v ledvinových kanálcích.

Glukokortikoidy

- **Kortizol** ↑ pohotovost organismu při zátěžových situacích, uvolňují tuky ze zásob tkání (glykoneogeneze), urychluje rozpad tkáňových bílkovin, ↓ hmotnosti,
- **Androgeny** mužské pohlavní hormony,
- **Estrogeny** ženské pohlavní hormony, vyskytují se i v těle mužů.

DŘEŇ

- Ovlivňují **krátkodobé funkční změny**, umožňují přizpůsobení organismu zátěži (řídí tonus svalstva, metabolismus, ↑TK),
- **Adrenalin** **rychlá adaptace** na zátěž, katabolický, stresový hormon, ovlivňují funkce srdce - ↑ **SF, sílu kontrakce, tepový objem**, v kosterním svalstvu **oddaluje únavu**, v CNS – **zrychluje přenos vzruchu** – zvýšení pozornosti, rozšiřuje průsvit průdušek – lepší **ventilace**, ↑ **glykogenolýzu, lipolýzu, sTK, VO_2 , teplotu**, ↓ **únavu**, způsobuje vasokonstrikci (kromě koronárních a svalových cév),
- **Noradrenalin** ↑TK, ostatní vlivy podobné jako adrenalin při zátěži způsobí vazodilataci v mozku, kosterních svalech a vazokonstrikci v kůži a splachniku.
- **Dopamin** funguje jako „**neuropřenašeč**“, je vylučován i hypothalamem.



Obr. 64 Nadledvina *Zdroj: Lidské tělo*

8.3.8 POHLAVNÍ ŽLÁZY

VARLATA (testes)

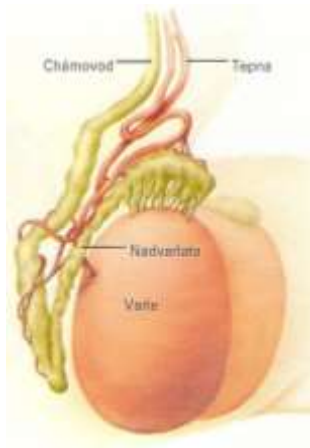
obsahují okolo semenotvorných kanálků (30–70 cm, stočených v kličky)

Leydigovy buňky – produkující testosteron.

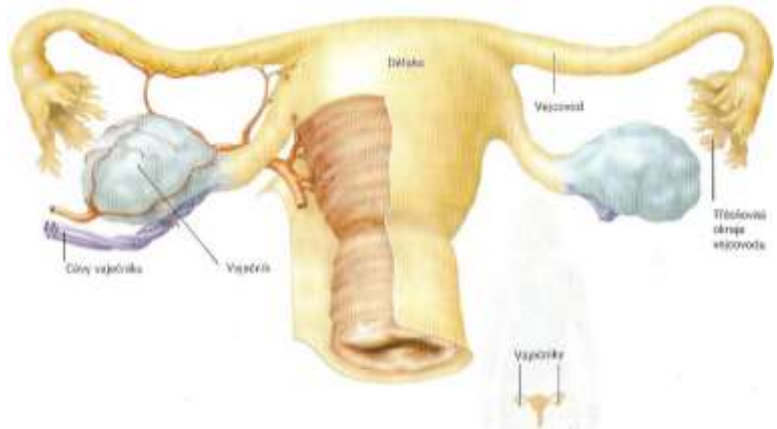
- **Testosteron** izolován 1918, synteticky vytvořen 1934, steroid, začíná se tvořit od 12–14. roku, zasahuje do **metabolismu bílkovin**, **nárůst** svalové hmoty, urychluje **zánik růstových chrupavek**, v době puberty podporuje vliv STH.

Řízeny:

- látkově gonadotropní hormony – FSH (tvorba spermií), hormony kůry nadledvin.



Obr. 65 Varle Zdroj: Lidské tělo



Obr. 66 Vaječníky Zdroj: Lidské tělo

VAJEČNÍKY (ovaria)

- tvoří dřevná vrstva (vazivová tkáň), korová vrstva (vlastní zárodečný epitel) – vznikají v něm **pravajíčka**.
- **primární folikul** vajíčko obklopené vrstvou folikulárního epitelu,
- **sekundární (Graafův folikul)** folikulární tekutina, f. buňky, vajíčko.
- **Estrogeny (estradiol, estriol, esteron)** steroidy, ovlivňují menstruační cyklus – puberta, menopauza, podmiňují vývoj sekundárních pohlavních znaků.
- **Gestagény (progesteron)** steroid, produkuje žluté tělísko, došlo-li k oplození, brání zrání dalších folikulů (GF).

Řízeny:

- látkově gonadotropní hormony hypofýzy
FSH – stimuluje vývoj folikulů,
LH – podněcuje ovulaci, vznik žlutého tělíska,
prolaktin, LTH udržuje životnost žlutého tělíska, tvorbu progesteronu a mléka.

PLODOVÉ LŮŽKO (placenta)

- **Choriogonadotropin** vytváří se během těhotenství, udržuje v činnosti **žluté tělísko**.

8.4 TKÁŇOVÉ HORMONY

Jsou látky s **hormonálním účinkem ve tkáních**.

Jsou **přenášeny** od místa vzniku k cílovým orgánům **krevní cestou**.

Hormony vznikají ve sliznici žaludku a střeva trávicí soustavy (enterohormony).

- **Gastrin** zvyšuje sekreci HCl a pepsinu, podporuje růst žaludeční sliznice.
- **Pankreozymín** dráždí žlučník ke kontrakcím, pankreas k sekreci šťávy, zpomaluje vyprazdňování žaludku.
- **Sekretin** stimuluje sekreci šťávy pankreatu, neutralizuje HCl.
- **Enterogastron** tlumí sekreci H^+ v žaludeční šťávě.

8.5 PŮSOBKY

Jsou látky s **obdobným účinkem** jako hormony vytvářené v tkáních.

Mají schopnost měnit činnost a metabolismus určitých buněk a orgánů.

- **Erytropoetin** stimuluje tvorbu erytrocytů.
- **Serotonin** uvolňován z mozku a trombocytů, vazokonstrikční vliv a podílí se na homeostáze.
- **Histamin** uvolňuje se při reakci antigenu s protilátkou.
- **Renin** ovlivňuje průsvit přívodní cévy, přívod krve do glomerulů.

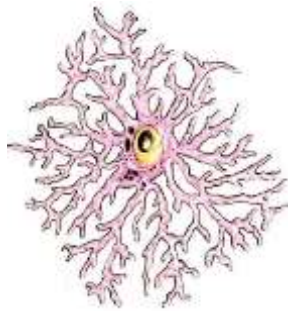
9 FYZIOLOGIE NERVOSVALOVÉHO SYSTÉMU

9.1 STRUKTURA NERVOVÉHO SYSTÉMU

Základní jednotkou nervového systému je **neuron**. Neurony vytvářející nervový systém jsou chráněny podpůrnými buňkami, které se nazývají buňky **gliové**.

Glie (podpůrné buňky) se dělí:

- **makroglie** výživa (astroglie), obal axonu v CNS (oligodendroglie),



Obr. 67 Astrocyty

Zdroj: Encyklopedie lidského těla



Obr. 68 Oligodendrocyty

Zdroj: Encyklopedie lidského těla

- **mikroglie** schopnost fagocytózy,
- **Schwannovy buňky** obal axonu v periferním nervu.



Obr. 69 Schwannovy buňky Zdroj: Lidské tělo

Neurony se dělí dle:

- **morfologie a tvaru těla** hvězdicové, pyramidové,
- **počtu a charakteru výběžků** unipolární, bipolární, multipolární,
- **funkce** senzorické, motorické, interneurony (spoje),
- **mediátorů** adrenergní, cholinergní, dopaminergní, serotoninergní.

Nerv je struktura tvořená svazky dlouhých myelinizovaných výběžků nervových buněk, obklopenými podpůrnou, vazivovou tkání a je součástí periferního obvodu.

Nervové dráhy (tractus) jsou svazky vláken uvnitř CNS vycházející ze stejného místa a jdoucí do jiného místa. Dělí se na **motorické, senzitivní, dlouhé, krátké**. Krátké dráhy spojí sousední míšní segmenty a jsou fylogeneticky nejstarší.

Vlastnosti nervové tkáně

- **dráždivost** závislá na podnětu (vzruchu),
- **vodivost** je podmíněna vedením vzruchu (impulzu).

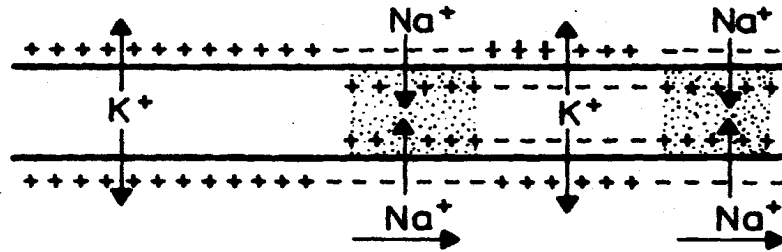
DRÁŽDIVOST (vzruchová aktivita)

- **Dráždění** (stimulace) je **působení podnětu** na dráždivou membránu.
- **Podnět** (stimul) je **energie působící** na vzrušivou membránu, trvání a rychlost změny záleží na schopnosti adaptace, kvalita: **přirozené** podmínky – vzruch vzniká vzruchem **jiného neuronu**, **umělé** (zevní E) – **mechanické, chemické, termické, elektrické**, kvantita: **podprahový** (žádná odpověď) podnět, **prahový, nadprahový** podnět (stejná odpověď) – **zákon „všeho nebo nic“**.
- **Podráždění** je stav vzniklý na dráždivé membráně (místní podráždění).

Ukazatelé dráždivosti:

- **reobáze** **prahová intenzita podnětu** (proudu při trvalém působení),
- **chronaxie** nejkratší čas, který je třeba pro vyvolání odpovědi na podnět **dvojnásobné reobáze**,

- **Akční potenciál** se šíří jako **vlna elektrické negativity (vzruch)**, kladné náboje z buňky ihned vystupují (ve formě K^+) a mechanismem tzv. **sodíko-draslíkové pumpy**, proti koncentračnímu gradientu se vyměňují za Na^+ (3 Na^+ proti 2 K^+ a tím udržuje nerovnoměrné rozložení Na^+ a K^+ iontů po stranách membrány). To má zásadní význam pro vznik elektrického signálu.



Obr. 72 Akční potenciál Zdroj: Biologie člověka

- **Repolarizace** je návrat ke klidovému potenciálu, ↑spotřeba ATP.

Rychlost vedení vzruchu po nervovém vláknech závisí na **průřezu (síle) vlákna** a **stupni jeho myelinizace** (zrychlení), ale nepřeskakuje mezi axony,

motorická vlákna	50–120 m/s,
proprioreceptivní vlákna	20–40 m/s,
autonomní a senzitivní vlákna	1–30 m/s.

Zdroj energie: **glukóza, ATP** (hlavně pro Na^+ - K^+ pumpu)

Vedení vzruchu

- Je možné jen v **celistvém**, neporušeném vláknech,
- vzruch probíhá **jedním směrem a se zpožděním (0,5–25 m/s)**, zpět nemůže, úsek je v refrakterní fázi,
- povaha vzrušivých a tlumivých impulzů je stejná.

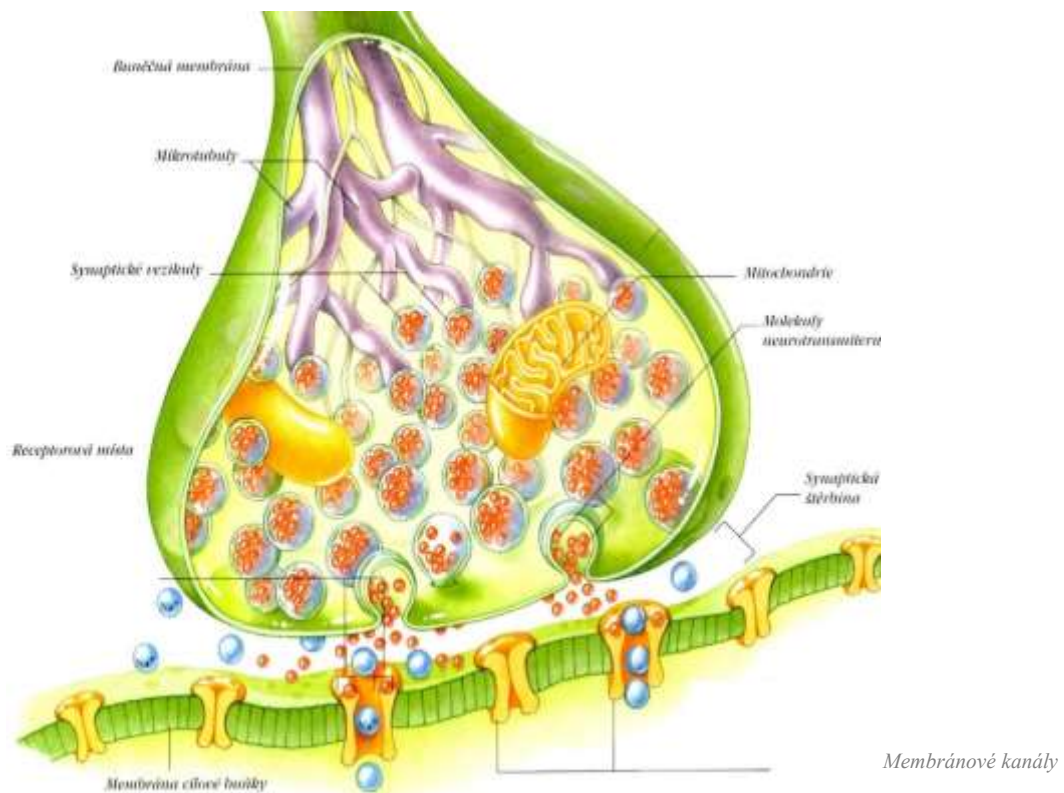
Účinky podráždění a útlumu jsou **závislé na síle, frekvenci podnětu**, stavu **labilnosti tkáně**.

9.2 SYNAPSE

Je **funkční kontakt** mezi **membránami** dvou buněk, z nichž alespoň jeden je **neuron**.
Funkcí synapse je **přenos** nervového **vzruchu**. Jeden neuron může mít 20–100 synapsí.
Rychlost přenosu v synapsích **záleží** na stupni **synchronizace** výlevu mediátorů.

Dělení synapsí

- **druhu přenosu signálu:**
 - chemické** u člověka jsou častější, přenos pomocí **mediátorů**,
 - elektrické** rychlejší přenos pomocí iontů bez výlevu transmiterů, těsné spojení,
- **vzájemného spojení:**
 - neuroefektorová** nervové vlákno + efektor (svalová, žlaznatá buňka)
 - interneuronová** axodendritická, axosomatická, axoaxonální,
- **lokalizace:**
 - centrální** (mozek, mícha) excitační, inhibiční,
 - periferní** v nervosvalové ploténce.



Obr. 73 Synapse *Zdroj: Encyklopedie lidského těla*

Přenos vzruchu v synapsi

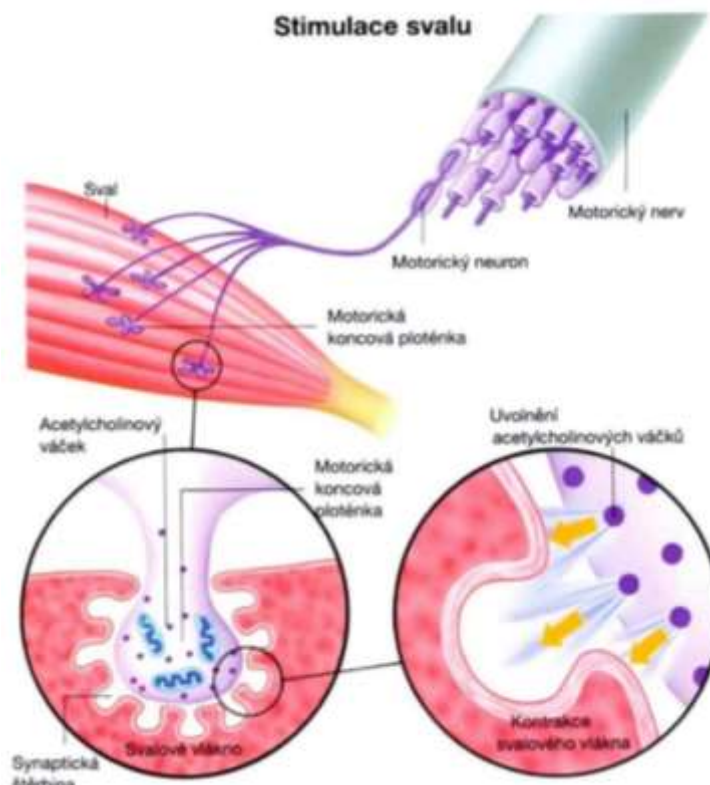
Vzruch šířící se po neuritu/axonu dosáhne do presynaptického útvaru (synaptického knoflíku), dochází k jeho depolarizaci (akční potenciál). Váčky s mediátorem se při dotyku s membránou otevrou a obsah se vylije do synaptické štěrbiny.

Probíhá vazba mediátoru na receptor postsynaptické membrány, ve které se otevírají iontové kanály a dochází ke vzniku postsynaptických potenciálů.

Přenos vzruchů pomocí mediátorů:

- **acetylcholin** nervosvalová ploténka, parasymptická vlákna (AVS),
- **adrenalin** dřeň nadledvin-sympatické gangliony,
- **noradrenalin** sympatická postgangliová vlákna,
- **dopamin** bazální ganglia, limbický systém,
- **serotonin** retikulární formace,
- **gama aminomáselná kyselina (GABA)** mozeček, bazální ganglia,
- **glutamát** limbický systém,
- **glycin** mícha.

Strychnin potlačuje útlum v synapsi.



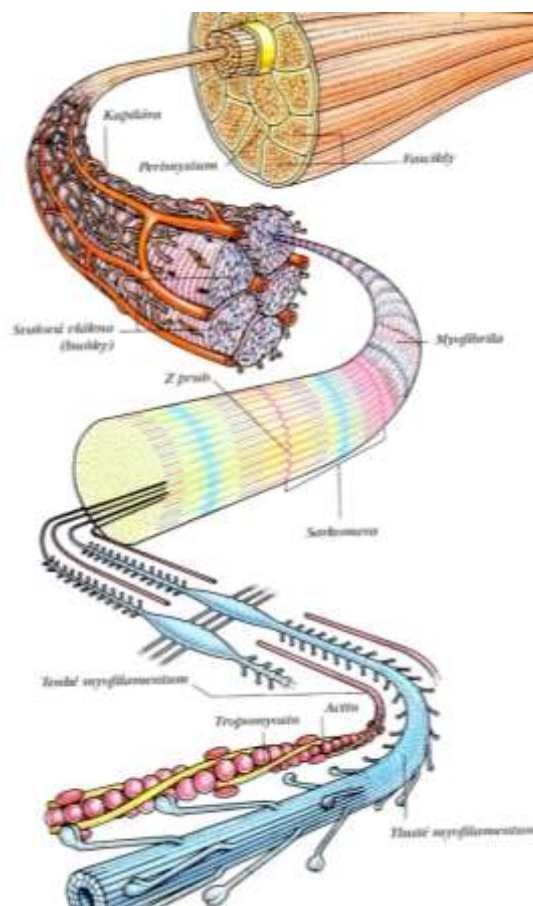
Obr. 74 Stimulace svalu Zdroj: Atlas lidského těla

10.1 KOSTERNÍ SVALOVINA (příčně pruhovaná)

- Tvoří 40 % z celkové hmotnosti těla.
- Složení: **75 % H₂O**,
 - 25 % látky**, z toho **1 % anorganické** (Na⁺, K⁺, Cl⁻, Mg²⁺, Ca²⁺, P) v plazmě, mimobuněčné tekutině,
 - 99 % organické**,
 - bílkoviny kontraktilní – **aktin, myozin**,
regulativní – **troponin, tropomyosin**,
transportní – **myoglobin**,
 - cukry energetické – **glykogen**,
 - tuky energetické – triglycerol (neutrální tuk).

Struktura svalu

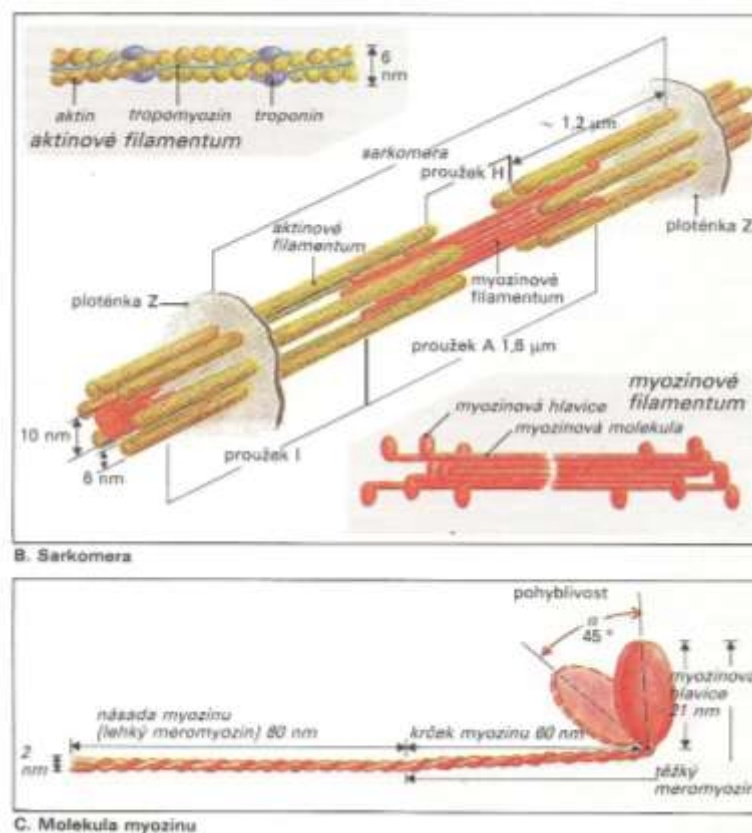
Svalové břicho kryto fascií (epimysiem) – svalové snopce s nervy, krevními a lymfatickými cévami oddělené vazivem (perimysiem) – svalová vlákna kryta endomysiem.



Obr. 75 Struktura svalu Zdroj: Encyklopedie lidského těla

Struktura svalového vlákna

- **Protáhlé oválné buňky** ($\varnothing = 50 \mu\text{m} / 20\text{--}150 \mu\text{m} /$, $l = 0,5\text{--}32 \text{ cm}$),
- mnohojaderné útvary kryté **sarkolemou**,
- uvnitř **sarkoplazma s myoglobinem, enzymy, metabolity, vitamíny, SR** (sarcoplazmatické reticulum), **myofibrily, mitochondrie, mikrozómy** (měchýřky s \uparrow koncentrací RNA, bílkovin, fosfolipidů - mající enzymatickou aktivitu),
- **myofibrily** **aktin, myozin** (stažlivé, příčně pruhované $\varnothing = 1 \mu\text{m}$)
 /(ZZ) sarcomer, (Z) telofragma, (A) anizotropní proužek – tmavší – silně dvojlomný, (I) izotropní – slabě dvojlomný – světlejší/
tropomyozin, troponin (TN) – /TN–C váže Ca^{2+} , TN–T se spojuje s tropomyosinem, TN–I zamezuje tvoření můstků mezi aktinem a myozinem/.



Obr. 76 Sarcomera Zdroj: Atlas fyziologie člověka

- **Vazivo** na povrchu vlákna **v klidu** jde šikmo, **spirálovitě**, **při protažení** se narovná **paralelně** s protažením, obsahuje krevní a lymfatické cévy, nervy, elastická vlákna.

10.2 SVALOVÁ VLÁKNA

V kosterním svalu se nacházejí vlákna:

- **extrafuzální** převládají, **tvoří svalové břicho, uskutečňují kontrakci**, zajišťují hybnost,
- **intrafuzální** **tvoří svalové vřetenko, řídí napětí** extrafuzálních svalových vláken.

Podle strukturních, metabolických a funkčních vlastností se svalová vlákna dělí:

- **pomalá červená** typ **I. SO** (slow oxidative),
- **rychlá červená** typ **II. a. FOG** (fast oxidative glycolytic),
- **rychlá bílá** typ **II. b. FG** (fast glycolytic),
- **nediferencovaná** vlákna.

10.2.1 POMALÁ ČERVENÁ (I. SO)

- Nazývají se **oxidativní, „tonická vlákna“**,
- mají **↓myofibril, ↑myoglobinu, mitochondrií a jader**,
- jsou uloženy hlouběji v těle,
- pracují **submaximální intenzitou**, pomalé kontrakce ($v = 75$ milisek),
- zajišťují **statickou práci, udržování polohy, vytrvalostní výkony**,
- jsou **odolnější** vůči únavě, snadněji se zotavují po zátěži,
- **zdrojem E je oxidace glukózy** (aerobní typ),
- mají tendenci ke zvyšování klidového napětí, ke **zkracování, zbytnění až ztuhnutí**, musí se **protahovat**,
- snadno, často až nadměrně se zapojují do pohybových stereotypů a **nahrazují práci oslabených svalů** (musculus trapezius – horní část, m. pectoralis major, m. brachioradiális, m. biceps femoris, aj.).

10.2.2 RYCHLÁ ČERVENÁ (II. a. FOG)

- Nazývají se **oxidativně – glykolytická**, „**fázická vlákna**“,
- mají ↓ **mitochondrií**, **myoglobinu** (bleděčervená), ↑ **myofibril**,
- uloženy blíže povrchu těla,
- vykonávají **rychlé kontrakce**, **zátěže střední až submaximální intenzity**, **snadno** (středně rychle) **se unaví**, zajišťují **krátkodobé výkony**,
- **zdrojem E** jsou **oba** typy látkové výměny (**aerobní i anaerobní** typ),
- nižší klidové napětí, které vede k **oslabení**, **musí se posilovat**,
- obtížněji se zapojují do pohyb. vzorců (m. deltoideus, břišní svaly).

10.2.3 RYCHLÁ BÍLÁ (II. b. FG)

- Nazývají se **glykolytická**, rychlá bílá vlákna,
- mají ↓ **myoglobinu**, méně jader,
- zajišťují **silové, rychlé krátkodobé výkony**, **maximální intenzity**, velmi rychlé kontrakce ($v = 25$ milisek),
- uplatňují se na počátku zatížení, rychle se unaví, **málo odolná** vůči únavě,
- **zdrojem E** je **anaerobní resyntéza ATP**.

10.3 INERVACE SVALU

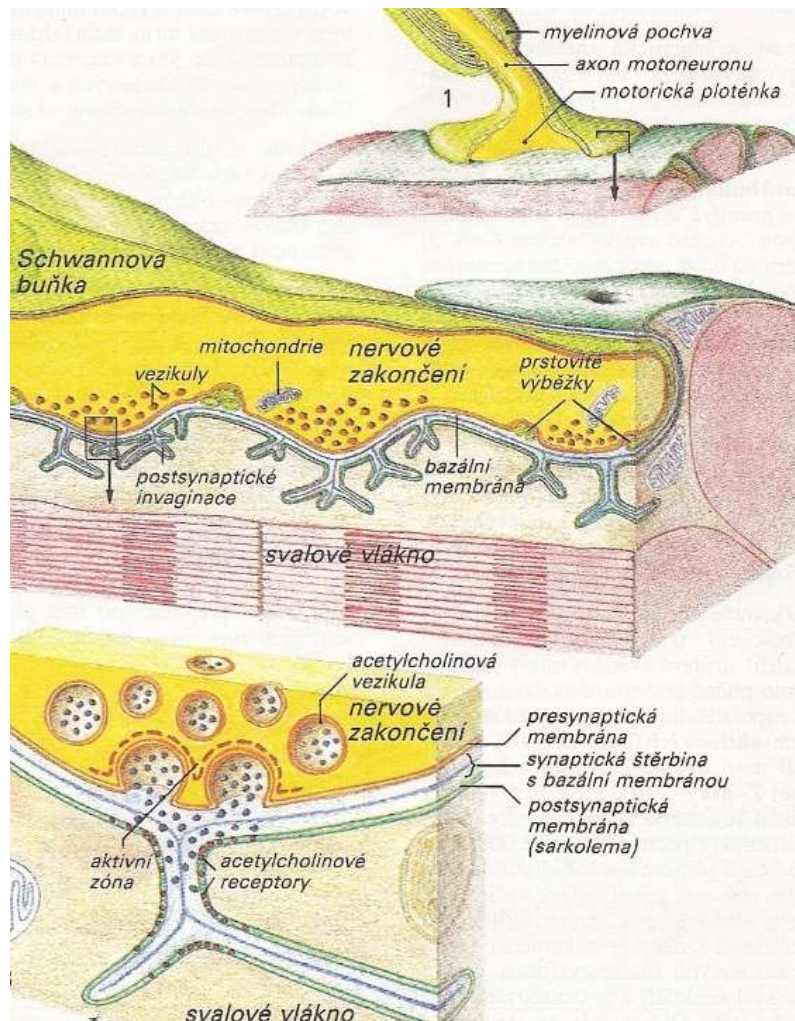
10.3.1 MOTORICKÁ PLOTÉNKA (nervosvalová)

Funkce: zajišťuje spojení mezi nervovým a svalovým vláknem.

Je tvořena motorickým vláknem zakončeným rozvětvením na jednotlivých svalových vláknech.

Jde o typickou periferní synapsi.

Mediátorem přenosu je **acetylcholin** (blokaci přenosu acetylcholinu zajišťuje enzym acetylcholinesteráza, vznikají křeče).



Obr. 77 Motorická ploténka Zdroj: Atlas fyziologie člověka

10.3.2 MOTORICKÁ JEDNOTKA

Je tvořena **jedním motorickým neuronem** se skupinou jím inervovaných **svalových vláken**. Obsahuje vždy stejný typ svalových vláken.

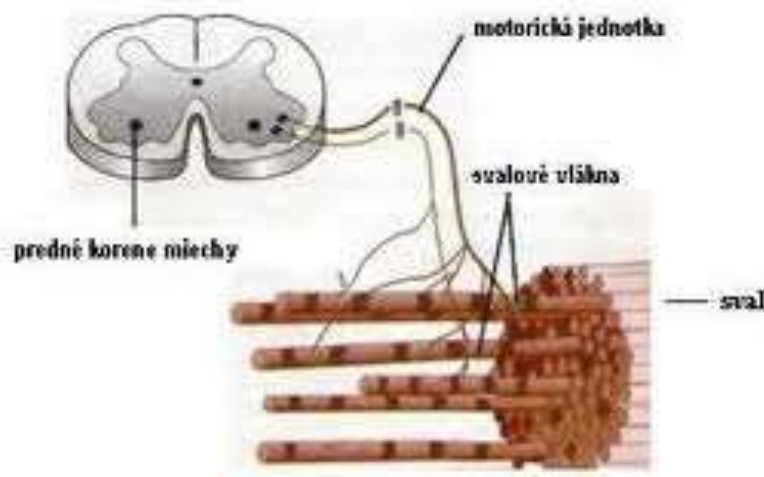
Svalová síla závisí na:

- **velikosti anatomického průřezu svalu,**
- **velikosti fyziologického průřezu svalu** (součtem příčných průřezů všemi vlákny daného svalu),
- **velikosti, typu a počtu zapojených motorických jednotek v daném čase**

jemné pohyby	1 neuron/ 8–12 svalových vláken,
hrubé pohyby	1 neuron/ 150 svalových vláken,
- **svalové textuře** (uspořádání svalových vláken),
- **výstupní frekvenci akčních potenciálů** daného motoneuronu,
- **výchozí délce svalu.**

Maximum zapojení v jedné časové jednotce u netrévaného člověka je 60 %, u trénovaných jedinců je 70–80 % všech motorických jednotek.

Svalový tonus závisí na počtu sarkomérů ve svalovém vlákně.



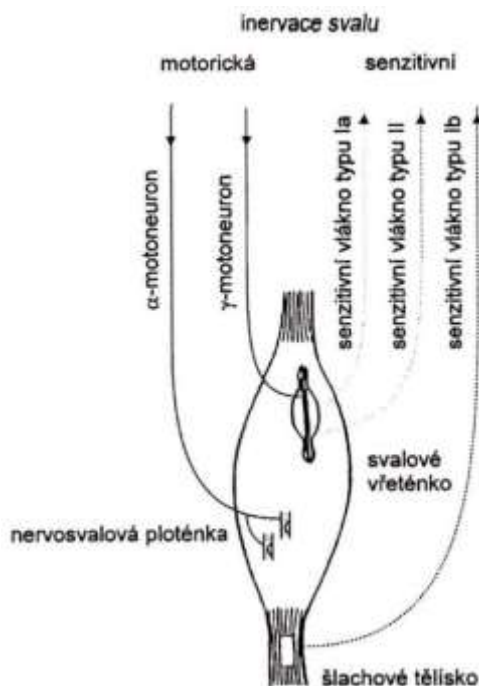
Obr. 78 Motorická jednotka *Zdroj: Anatomie člověka*

10.3.3 NERVOVÁ VLÁKNA

Kosterní svalstvo je inervováno motorickými a senzitivními nervovými vlákny.

MOTORICKÁ VLÁKNA

- Jsou odstředivá, eferentní nervová vlákna,
- tvoří neurity motorických jader hlavových nervů z **předních rohů míšních**,
- **typ α** (silná) **velká** vedou vzruch $v = 50\text{--}120\text{ m/s}$, **malá** $v = 50\text{--}80\text{ m/s}$,
končí v **extrafuzálních** svalových vláknech **motorické ploténky**,
způsobují kontrakci,
vedou k nim **pyramidové dráhy z mozkové kůry**,
- **typ γ** (slabá) vedou vzruch $v = 20\text{--}40\text{ m/s}$
končí v **intrafuzálních** svalových vláknech **svalového vřeténka**,
řídí tonus intrafuzálních svalových vláken,
vedou k nim **dráhy z retikulární formace**.



Obr. 79 Inervace svalu *Zdroj: Fyziologie a léčebná rehabilitace motoriky člověka*

SENZITIVNÍ VLÁKNA

- Jsou dostředivá, aferentní nervová vlákna,
- vedou **zadními kořeny míšními do šedé hmoty míchy**,
- **silná** vlákna (\varnothing 12–20 μm) vycházejí ze střední části svalových a šlachových vřetének,
- **tenká a středně silná** vlákna (\varnothing 1–5 μm , 5–12 μm) vychází ze svalových a šlachových vřetének, z volného nervového zakončení.

10.3.4 RECEPTORY POHYBOVÉHO SYSTÉMU

Jsou jimi **proprioreceptory**, přinášející informaci o délce svalových vláken, napětí (jejich zapojení) ve šlachách, tlaku v oblasti kloubů.

SVALOVÁ VŘETÉNKA

- jsou uložena na rozhraní svalu a šlachy,
- tvořená 2–6 **intrafuzálními** vlákny ve vazivovém obalu, ($l = 2\text{--}10$ mm, \varnothing 0,1 μm),
- **citlivá** na **změnu délky** svalového vlákna, síla stahu 5–12 kg/cm^2 ,
- inervována **motorickými vlákny typu γ** ,
- senzitivní vlákna (ze středního úseku vřeténka vychází silné vlákno, z myotubulárních zón tenké vlákno), spirálovitě obtáčejí svalová vlákna → vedou zadními kořeny do míchy.



Obr. 80 Svalové vřeténko *Zdroj: Fyziologie a léčebná rehabilitace motoriky člověka*

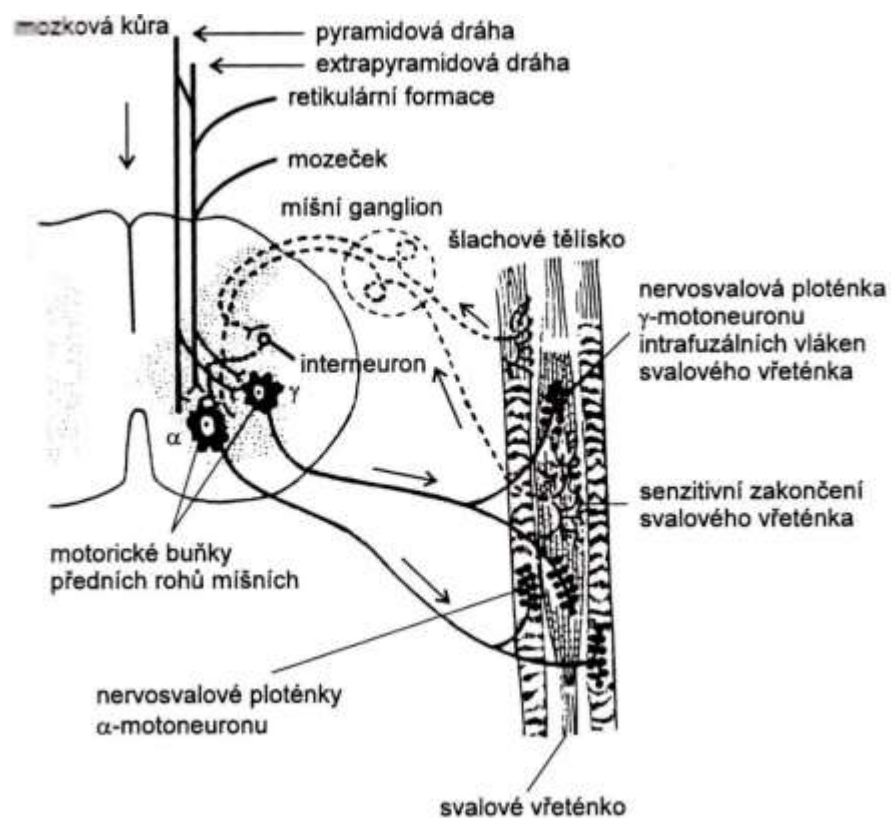
ŠLACHOVÁ TĚLÍSKA (Golgiho tělísko)

- Jsou tvořena svazky kolagenních vláken,
- umístěných blízko spojení šlachy a svalu,
- jsou **drážděna změnou napětí**, chrání sval před **přetržením**,
- **pevnost šlachy** se udává **6–10 kg/mm²**.

PACINIHO TĚLÍSKA

- Jsou receptory v **kloubu**,
- **reagují na tlak**.

Následující obrázek ukazuje schéma motorické a senzitivní inervace svalu.



Obr. 81 Inervace svalu *Zdroj: Fyziologie a léčebná rehabilitace motoriky člověka*

10.4 FUNKČNÍ VLASTNOSTI SVALU

10.4.1 FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI

- **Pružnost** schopnost svalu **vrátit se po protažení** do výchozí polohy, tuto vlastnost zajišťují elastická vazivová vlákna, tj. **ochrana tkáně před přetržením**, má význam pro přenos mechanické energie.
- **Pevnost** je odolnost vůči **přetržení** a návrat do výchozí polohy, tuto vlastnost zajišťují kolagenní vazivová vlákna, velikost **síly potřebné k přetržení** svalu je **39–98 N/cm²** průřezu (sarcoléma se trhá při 35 % síly potřebné k přetržení svalu).

10.4.2 FYZIOLOGICKÉ VLASTNOSTI

- **Dráždivost** je reakce na podráždění, vzniká přímo (drážděním svalového vlákna) nebo nepřímo (na podnět z NS přes motorickou ploténku), podnět – elektrický, chemický, mechanický, tepelný, intenzita – podprahová, prahová, nadprahová.
- **Vodivost** je vedení vzruchu, vzniká působením **mediátoru** (uprostřed vřetenka, vzruch se může šířit oběma směry), kontrakce se šíří se **v=0,5–8 m/s**, záznam elektrických potenciálů z činného svalu se provádí na elektromyogramu.
- **Stožlivost** je schopnost **zkrácení svalu**, je to mechanická **odpověď** na podráždění, zaznamenává se na myogramu, Přichází-li další stimul ještě v době relaxace svalu, nastává **sumace**, hladký nebo vlnitý **tetanus**.

10.5 MECHANISMUS SVALOVÉHO STAHU

HLADKÁ SVALOVINA

- **Mediátory** difundují z **větší vzdálenosti**, celý povrch vlákna je citlivý,
- současně mohou vznikat vzruchy šířící se po membráně i protopazmatickými můstky z jednoho vlákna do druhého

SRDEČNÍ SVALOVINA

Má vlastní **automatický převodní systém** srdeční.

KOSTERNÍ SVALOVINA

- Má pouze 1 nervové zakončení (**nervosvalovou ploténku**),
- každý **vzruch**, vyvolá **výlev mediátoru (acetylcholinu)** do synaptické štěrbině → naváže se na postsynaptické **receptory** → způsobí otevření kanálů pro **Na⁺⁺** ionty a vyvolá **vznik akčního potenciálu** svalové buňky → **šíří se** po celé svalové buňce a **T-tubuly** je odváděn také **k hlubším strukturám**.

1. fáze: **excitace**

- Přicházející **akční potenciál depolarizuje membránu** svalové buňky, **šíří se dovnitř** podél T-systému (transverzální tubuly), **tubuly** se stanou **propustnými pro Ca²⁺**,
- **důsledkem podráždění** se **↑ koncentrace** volných **Ca²⁺** uvnitř buňky z **klidové hodnoty 10⁻⁷ až na 10⁻⁵ mmol/l** (u hladkých svalů pocházejí **Ca²⁺** ionty z **membrány**, u kosterních sv. pocházejí z longitudinálních tubulů, **váček SR**, po odeznění se vrací ionty zpět do váček),
- **Ca²⁺** se **naváže na troponin** (tropomyosin ztrácí inhybiční vliv na A-M komplex, volné **Ca²⁺** jsou okamžitě **vstřebány zpět** do tubulů, na **2 ionty Ca²⁺** se spotřebuje **1ATP**, každá **hlava myozinu váže 1ATP**).

2. fáze: **kontrakce**

- Vznik **A-M komplexu** (↑ koncentrace **Ca²⁺**, spojí se aktin s myozinem, na myozinovou hlavu **se naváže ATP** za přítomnosti **3 mmol/l Mg²⁺**),
- štěpí se **ATP → ADP+P** (anorganický fosfát),

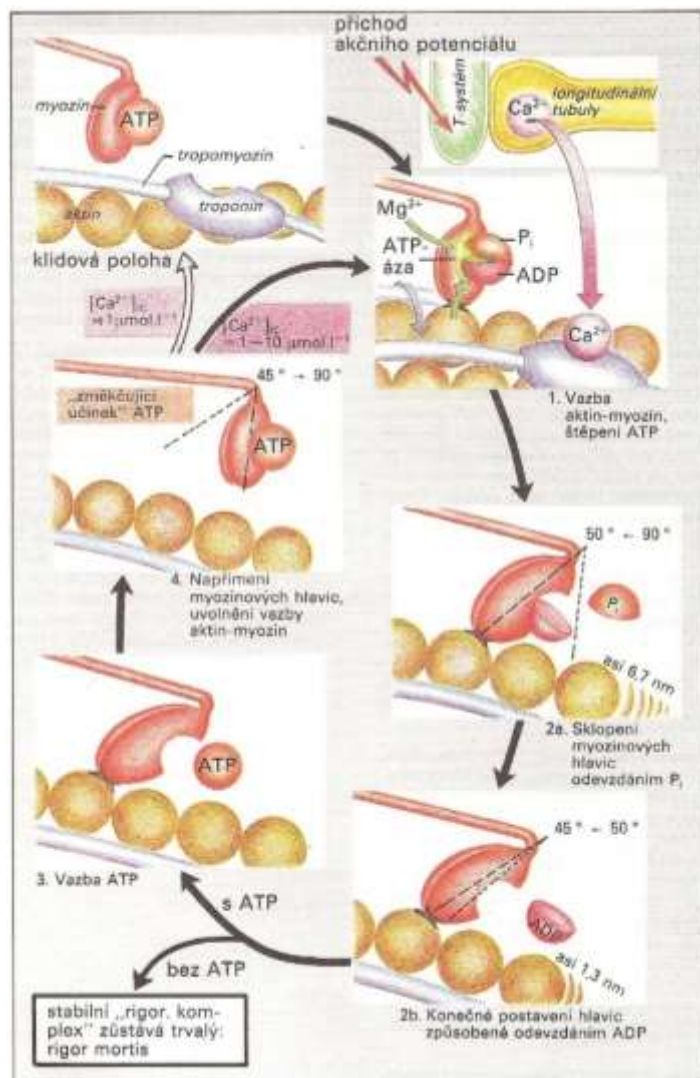
- **uvolní-li se P, překloupí se myozinové hlavy z 90° do 50°,**
- **po odevzdání ADP se myozinová hlava překloupí do konečné polohy 45°,** aktinová a myozinová **vlákna se vůči sobě posunou,**
- **zbývající A–M komplex je stabilní (rigorový komplex), může být uvolněn** pouze **novou vazbou ATP** na hlavy myozinu („změkčující účinek“ ATP).

Ve **svalu mrtvého organismu** se ATP netvoří, Ca^{2+} není čerpáno z tubulů, nelze rozpustit A-M komplexu, nastává **mrtvolná ztuhlost (Rigor mortis)**.

3. fáze: relaxace

- **Uvolní se Ca^{2+} ,** difundují do SR, za přítomnosti **ATP,**
- **uvolnění myozinu z A-M komplexu (narovnání myozinových hlav z 45°–90°),**
- **je-li stále vysoká koncentrace Ca^{2+} může cyklus začít znovu,**
- **klesne-li koncentrace Ca^{2+} pod 10^{-6} mmol/l cyklus končí.**

Ve všech myozinových hlavách **neprobíhá cyklus synchronně.**
Byl by trhavý pohyb.
V každém okamžiku se **klopí část** myozinových hlav,
ale vždy **stejný počet.**



Obr. 82 Princip kontrakce
Zdroj: Atlas fyziologie člověka

Druhy kontrakce:

- Podle změn svalového tonu a délky svalu **izometrická** (statická),
izotonická,
izokinetická probíhá pohyb a mění se vzdálenost začátku a úponu svalu.
- Podle směru koncentrace **koncentrická** (zkracování),
excentrická (protažení svalu),
- Podle charakteru pohybu auxotonická (balistická, při hodech).
podpůrné trhnutí (vzpírání),
nárazové trhnutí (ukousnutí sousta).

Projevy svalové kontrakce:

- mechanické **zkrácení svalu**,
zvýšení **napětí** svalu.
- činnostní potenciál **tvorba tepla**,
 1. fáze s kontrakcí vzniká **iniciační** (počáteční) teplo, vybavuje se v době latence a při zkrácení,
 2. fáze po skončení stahu vzniká **zotavovací** (opožděné) teplo, ztrácí se dočasný tepelný dluh z anaerobní fáze kontrakce.

Tvorba tepla je při **aerobním** metabolismu **10krát menší** než při **anaerobním** metabolismu.

Energie vydaná na stah se mění **20 % na mechanickou práci a 80 % na teplo**.

Trofické změny:

- **hypertrofie** ↑ svalové hmoty, ↑ myofibril, ↑ mitochondrií, ↑ SR, růstová, tréninková.
- **hyperplazie** zmnožení buněk (zejména v prenatalním období).
- **atrofie** ↓ se průřez svalu, ↓ aktivita enzymů, ↓ množství zásobních látek, vzniká ze ztráty inervace.

Elektrostimulace oddaluje svalovou atrofii.

Pasivní cvičení udržuje elasticitu a rozsah kloubní pohyblivosti.

10.6 METABOLISMUS SVALU

Energie pro svalový stah je získávána při štěpení:

- **anaerobním** bez O₂,
E se uvolňuje **rychle** ve velikém kvantu, **krátkodobě**,
- **aerobním** za přítomnosti O₂ probíhají **oxidativní děje**,
E se uvolňuje **pomaleji** v menším kvantu, po **dlouhou dobu**.

Zdroj energie (E): **ATP**

Pro jeho obnovu jsou využity **ADP, CP, cukry, tuky**.

Pro zabezpečení normálního průběhu kontrakce má být obsah ATP ve svalových vláknech kolem 0,25 % jejich celkové hmotnosti.

Pro svalový stah **ATP → ADP + P + E**

Rezerva ATP přímo ve svalech kryje okamžitou spotřebu **do 5-7 sec**.

Anaerobní reakce:

- probíhají při **maximálních a submaximálních** výkonech,
- resyntéza ATP se děje v období relaxace.

„ATP-CP systém“ **CP + ADP → ATP + C** kreatin,

reakce na počátku výkonu - 10-20 sec,

„LA systém“

- **anaerobní glykolýza** **glukóza + 2 ATP → 2 laktáty + 4 ATP**
20 sec – 2 min,
štěpí se glukóza prošla z krve do svalové buňky,
- **anaerobní glykogenolýza** **glykogen + 1ATP → 2 laktáty + 4 ATP**
do 2 min,
štěpí se zásoba glykogenu, vzniká laktát, vyplavuje se do krve, vede k acidóze organismu.

Aerobní reakce:

- probíhají u **mírných a středně submaximálních** výkonů,
- při střednědobé až vytrvalostní době trvání.

„O₂ systém“

- **aerobní glykolýza** **glukóza + 2 ATP + O₂ → 6 CO₂ + 6 H₂O + 38 ATP**
2–10 min,
- **aerobní štěpení tuků** **glykogen + 1 ATP + O₂ → 6 CO₂ + 6 H₂O + 38 ATP**
10–35 min
vyšší MK + O₂ → CO₂ + H₂O + 129 ATP
35–90 min

Doby trvání výkonů a jejich energetické krytí:

- rychlostní 0–20 s ATP–CP systém,
- krátkodobá 20 sec – 2 min LA systém,
- střednědobá 2–10 min O₂ systém,
- dlouhodobá 10–35 min glykogen,
- dlouhodobá 35–90 min glykogen a tuky,
- dlouhodobá 90 min – 6 hod tuky,
- dlouhodobá nad 6 hod bílkoviny.

SVALOVÁ SÍLA

- Jednotka **N** (Newton),
- měří se na **dynamometrech** (mechanické, elektrické),
- síla stisku prstů u mužů je 400–500 N, u žen 300 N.

SVALOVÝ VÝKON

- Jednotka **W** (Watt),
- $P = A : t$, $P = F \cdot v$
- měří se na ergometrech (bicyklový, běhátko, aj.).

10.7 ŘÍZENÍ ČINNOSTI SVALU

Hladká svalovina je řízena autonomním vegetativním systémem (AVS), srdeční svalovina má vlastní automacii a kosterní svalovina podléhá CNS.

Pyramidové dráhy

- Přenášejí **vzruchy z mozkové kůry 1 neuronem až do míchy** (axon pyramidové buňky končí na motoneuronu v předních rozích míšních – z nich vychází odstředivé vlákno – inervuje sval),
- **volní pohyby** (rychlé, přesné, fázické pohyby),
- při opakování vznikají **podmíněné reflexy – dynamické stereotypy**,
- vzruchy vedené pyramidovými drahami také vedou k autonomním centrům míšním a přímo působí na vegetativní funkce bez prostřednictví hypothalamu.

Extrapyramidové dráhy (mimopyramidové)

- Vedou **vzruchy z mozkové kůry přes podkorová centra** (striatum, černá jádra, mozeček, statokinetická čidla) ke **kosternímu svalstvu**,
- zajišťují **tonus** posturálního svalstva (pomalé, hrubé, tonické pohyby) a **změny tonu** při změnách poloh a pohybů,
- zajišťují vykonávání **nepodmíněných reflexů**,
- **koordinaci svalových a autonomních funkcí**, zajišťují tak, správnou činnost vegetativního nervstva.

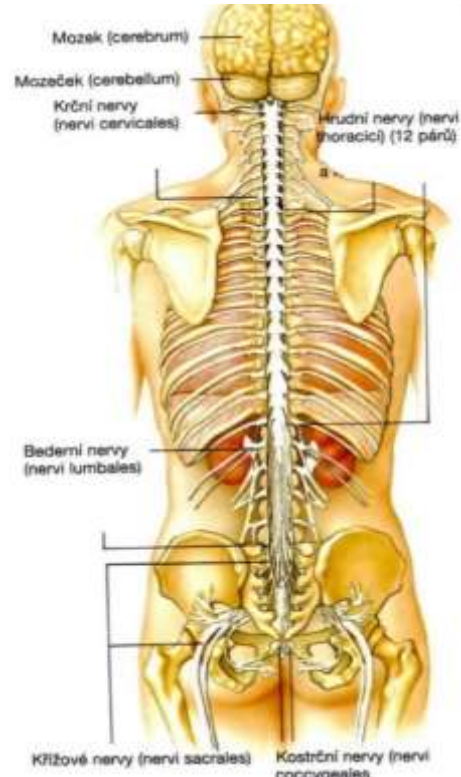
11 FYZIOLOGIE NERVOVÉ SOUSTAVY

Nervová soustava se rozděluje:

- **centrální (mozek, mícha),**
- **periferní (nervy mozkové, míšní, autonomní).**

Jiné dělení:

- **somatická (řídící kosterní svaly),**
- **vegetativní (řídící vnitřní orgány).**



Obr. 83 Centrální a periferní NS.
Zdroj: Atlas lidského těla

Mozkomíšní mok

- Je součástí CNS,
- tvoří se v plexus chorioideus a proudí do subarachnoidálního prostoru,
- resorpce se uskutečňuje subarachnoidálními klky.

Metabolismus CNS

- **Makroergní fosfáty ATP** – 97 % vzniká aerobně,
- **cukry** hlavním zdrojem je **glukóza** (20 % celkové potřeby organismu),
- **aminokyseliny (AMK) a proteiny** (př. kyselina glutamová, asparágová, γ -aminomáselná),
- **tuky** využity pro stavbu.

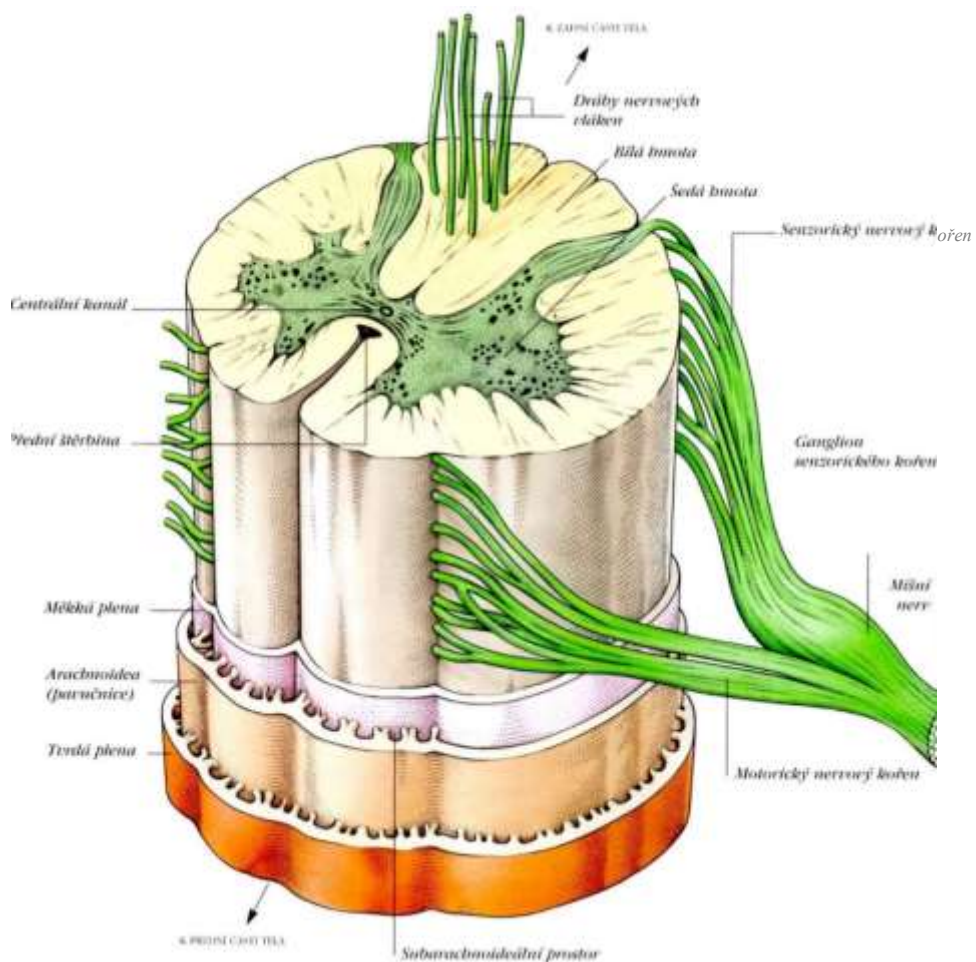
Funkce NS: řídící.

11.1 MÍCHA

Je místem průchodu nervových drah:

- **sestupných** (descendentních) – eferentních – **motorických** – pyramidové, extrapyramidové,
- **vzestupných** (ascendentních) – aferentních – **senzitivních** – z **exteroreceptorů** na bolest, teplo, chlad, dotyk (kožní čítí), z **proprioreceptorů** (hluboké čítí),

Je nejnižší **reflexním centrem** pro **proprioreceptivní** a **exteroreceptivní** reflexy.



Obr. 84 Mícha Zdroj: Encyklopedie lidského těla

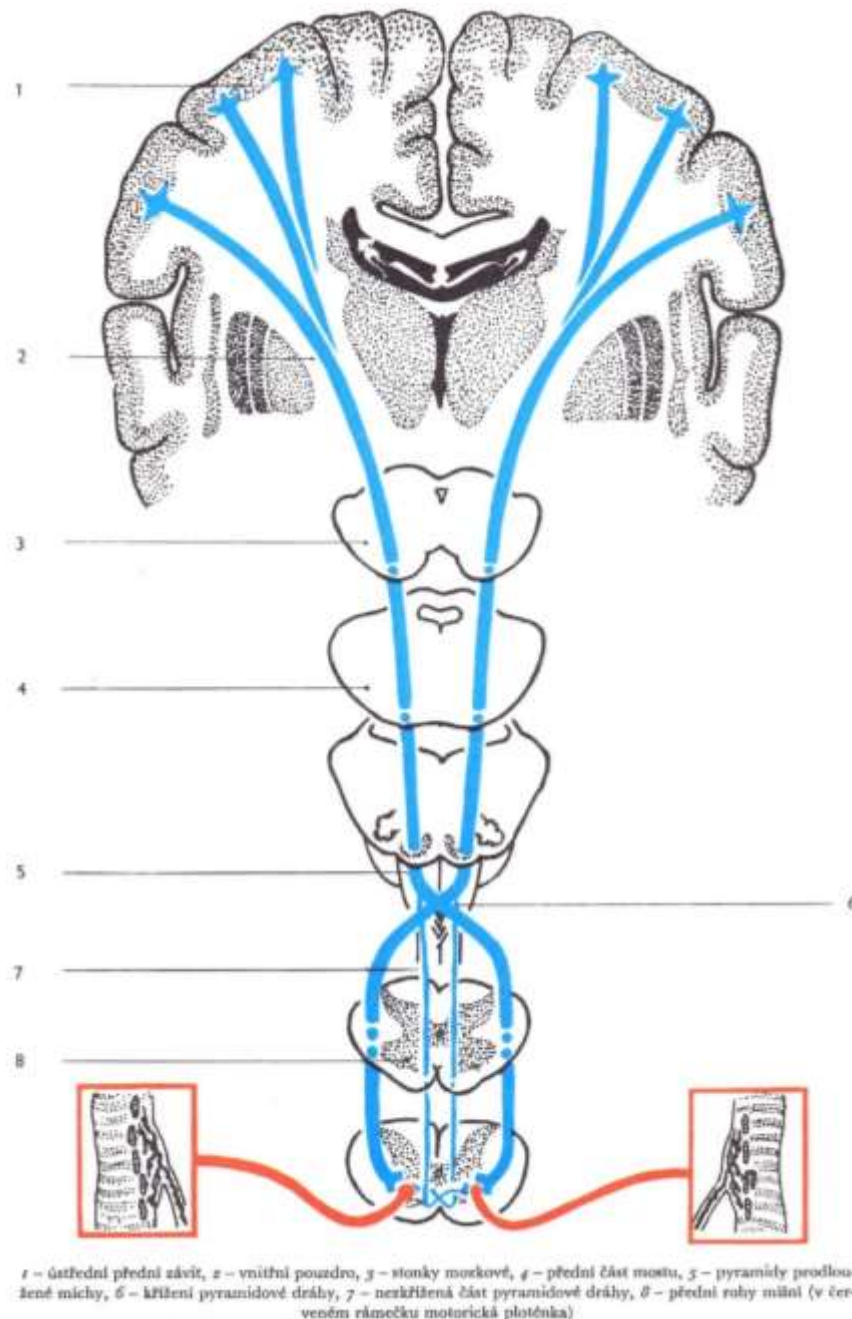
11.1.1 MÍŠNÍ DRÁHY

SESTUPNÉ MÍŠNÍ DRÁHY

- **Pyramidové** **1 neuronové kortikospinální** (kůra → do míchy → navazují odstředivé neurony ke kosternímu svalstvu), vychází z **primární motorické** oblasti (gyrus precentralis) **volní pohyb**,

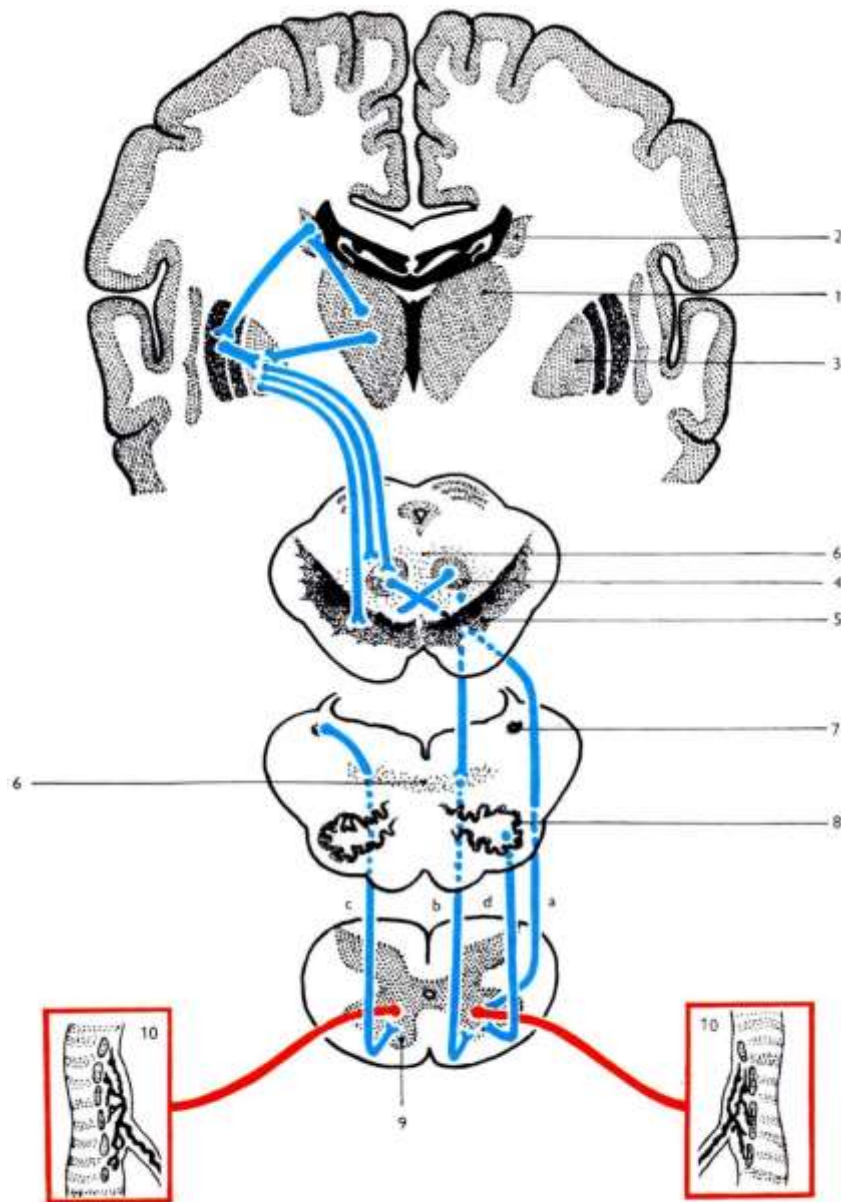
tr. corticospinalis anterior 20 % vláken (**kříží se až v daném segmentu**),

tr. corticospinalis lateralis 80 % vláken (**kříží se v prodloužené míše**).



Obr. 85 Příklad pyramidové dráhy *Zdroj: Anatomie člověka II*

- **Extrapyramidové** (kůra → do **bazálních gangliích** → neurony do míchy),
tr. reticulospinalis lateralis, medialis z **retikulární formace** – hlavní dráha **regulace svalového napětí**,
tr. vestibulospinalis ze **statokinetického čidla** a **vestibulárního mozečku**,
polohové reflexy,
tr. olivospinalis z **mozečku**, **koordinace všech pohybů**,
tr. tectospinalis ze **čtverohrbolí**,
vliv zrakových a sluchových informací na šíjové svaly,
tr. rubrospinalis ze **středního mozku**, **kříží se**, **reguluje** pohyby.



r – hrbol mezimozkový, *x* – jádro ocasaté, *y* – jádro čočkovité, *z* – jádro červené, *5* – jádro černé, *6* – retikulární formace, *7* – jádro nervu předšifového (Deitersovo), *8* – jádro olivy, *9* – přední rohy míšní, *10* – motorická ploténka
a – dráha rubrospinalní, *b* – dráha retikulospinalní, *c* – dráha vestibulospinalní, *d* – dráha olivospinalní

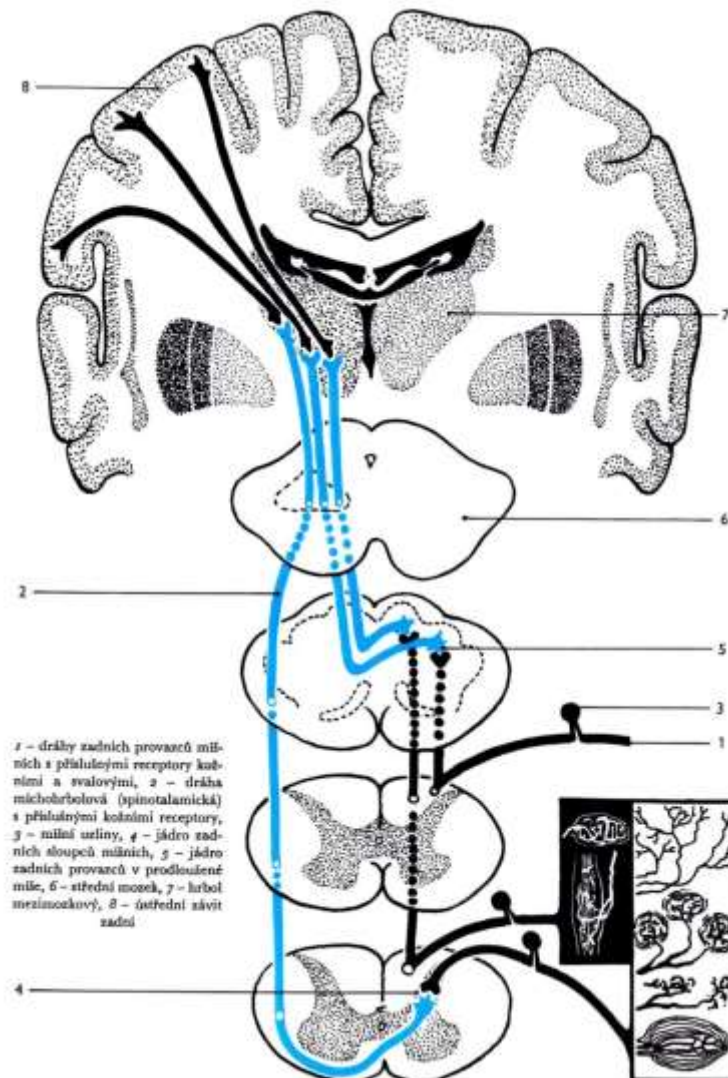
Obr. 86 Příklad extrapyramidových drah *Zdroj: Anatomie člověka II*

VZESTUPNÉ MÍŠNÍ DRÁHY

- **Spinocereberální** z proprioreceptorů do kůry mozečku, **hluboká citlivost**
tr. spinocereberális ventralis část se **kříží**,
tr. spinocereberális dorsalis **nekříží se**.
- **Spinotalamické** z exteroceptorů pro dotek, bolest, chlad, teplo,
 po přepojení v talamu → **do primární senzitivní oblasti**
 (gyrus postcentralis) v mozkové kůře,
tr. spinotalamicus ventralis z receptorů dotyku, tlaku, **kříží se**,
tr. spinotalamicus lateralis z receptorů pro bolest, teplo, **kříží se**.

Při poranění míchy vymizí vnímání

- vzruchů ze svalstva a tlakových receptorů na stejné polovině těla,
- bolesti, tepla, chladu, částečně tlaku na druhé polovině těla.



Obr. 87 Hlavní senzitivní dráhy Zdroj: Anatomie člověka II

11.1.2 REFLEXY

Na reflexech je založena řada činností CNS.

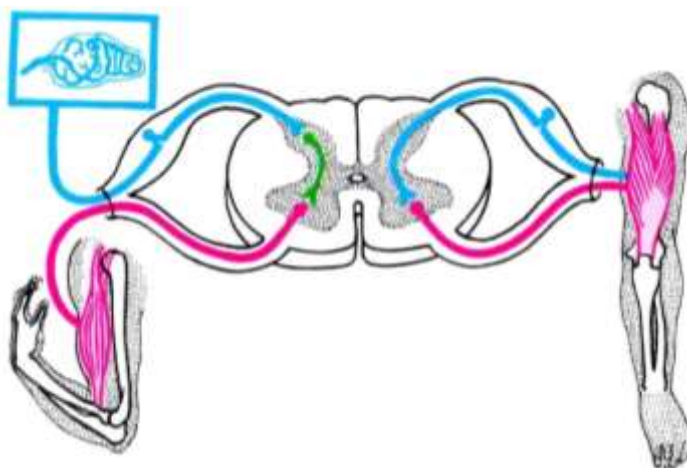
Dělení reflexů

- **trvalosti spojení:** **podmíněné (získané, role mozkové kůry)** – základem je **dočasné spojení** centra **nepodmíněného** podnětu s centrem **podmíněného** podnětu na základě opakované časové shody (současný výskyt),
nepodmíněné (vrozené, role mozkového kmene) – tj. propio-, exteroceptivní v míše a interoreceptivní ve vyšších oddílech CNS, probíhají **bez volní kontroly, bez účasti** mozkové kůry (sací, polykací),
- **umístění:** **centrální** (většina),
periferní (axonový reflex – antidromní/axonem do těla neuronu/ vedení vzruchu po senzorigických drahách),
- **efektorů:** **somatické** (efektorem jsou **kosterní svaly**),
viscerální (efektorem jsou **hladké svaly**),
- **receptorů:** **proprioceptivní** – svaly, šlachy, klouby,
exteroceptivní – kůže, sliznice,
interoreceptivní – vnitřní orgány.

MÍŠNÍ REFLEXY

Proprioceptivní (vlastní reflexy):

- **zajišťují a řídí svalový tonus.**
- **Napínací** podráždění **svalových** vřetének při ochabnutí, tj. **protažení** svalu, („je-li sval pasivně natažen, stáhne se“).
- **Šlachový** podráždění **šlachových** vřetének, při svalové **kontrakci**. Šlachová vřeténka mají vyšší práh dráždivosti než svalová vřeténka.



Obr. 88 Míšní reflex. Na pravé straně napínací – dvouneuronový, na levé straně ohýbací – tříneuronový.
Zdroj: Anatomie člověka II

Exteroreceptivní (cizí reflexy):

- **zajišťují postoj a obranu** drážděním receptorů pro **bolest** a **dotyk**.
- **Extenzorový** podnětem je **dotykový stimul** (př. podráždění na plosce nohy),
↑ **tonus** – aktivace extenzorů a jsou tlumeny flexory,
statické „postojové“ reakce.
- **Flexorový (obránný)** vzniká při podráždění receptorů **bolesti**
aktivace flexorů způsobí flexi drážděné končetiny,
stejnostranný reflex.
- **Zkřížený extenzorový reflex** je **předpokladem chůze**,
je kombinací obranného a posturálního reflexu (tj. důležité pro **udržení rovnováhy** při obranném reflexu dolních končetin).

11.1.3 MÍŠNÍ NERVY

- 31 párů,
- části: **přední kořen** eferentní vlákna – motorické neurony,
postgangliová sympatická vlákna,
zadní kořen senzitivní vlákna.

11.2 MOZEK

Mozek má objem asi 1450 cm³ a váží přibližně 1300–1400 g, tj. 2 % lidské váhy.

Obsahuje asi 50–100 x 10¹¹ neuronů.

Mozek **monitoruje, řídí a koordinuje**, je místem **vědomí**.

MOZKOVÝ KMEN

- **prodloužená mícha,**
- **Varolův most,**
- **střední mozek.**

11.2.1 PRODLOUŽENÁ MÍCHA (medula oblongata)

- Pokračování páteřní míchy, C1 k Varolovu mostu (l = 20–25 mm),
- součástí jsou pyramidy, ve kterých se **kříží pyramidové dráhy**,
- odstupují IX. – XII. hlavový nerv.

Funkce:

- Prochází vzestupné (ascendentní) a sestupné (descendentní) nervové dráhy,
- **vodič impulzů** (polohové a vzpřimovací reflexy, svalový tonus),
- **reflexní centrum** pro řízení **životně důležitých** nepodmíněných reflexů (dýchacích, srdečních, cévních, trávicích – **sací, polykací**), **obranných reflexů** (kašel, kýchání, zvracení, reflexy očí),
- nezbytně nutná k **řeči**.

11.2.2 VAROLŮV MOST (pons Varoli)

- Příčný val nad prodlouženou míchou. Odstupují zde V. – VIII. hlavový nerv.

Funkce:

- **Spojovací dráhy** z mozku do míchy a do mozečku a opačně.

11.2.3 STŘEDNÍ MOZEK (mesencephalon)

- Tvoří mohutné mozkové stonky a jáma mezistomoková,
- obsahuje shluky buněk
- odstupují III. – IV. hlavový nerv.

Funkce:

- Prochází dráhy ascendentní (spinothalamická) a descendentní (kortikospinální),
- *motorické centrum* (jádra III. a IV. hlavového nervu a nucleus ruber, substantia nigra) – jádra funkčně spojena s BG, jsou součástí extrapyramidových drah,
vnímání napětí svalstva (zajištění polohy a postoje), **koordinace ovlivňuje činnost kosterního svalstva** (pohyb),
- *senzitivní centrum (čtverohrbolí)* ústředí orientačních **zrakových (akomodace, zornicový reflex a pohyb očí)** a **sluchových reflexů** (otáčení hlavy a těla na světelný a sluchový podnět).

RETIKULÁRNÍ FORMACE

- **Integrační a koordinační funkční systém** (zahrnuje **shluky** nervových buněk /šedá hmota/ mezi vlákny v mozkovém kmeni a **kolaterály** /postranní, dotýkající se z jedné strany/ ze všech drah procházející mozkovým kmenem),
- dráhy (spoje) RF jsou oboustranné: **ascendentní** – zajišťují stav **bdělosti** (poruchy vedou k zhoršení paměti a učení),
descendentní – dráždivý vliv na vestibulární jádra, tlumivý na BG.

Funkce:

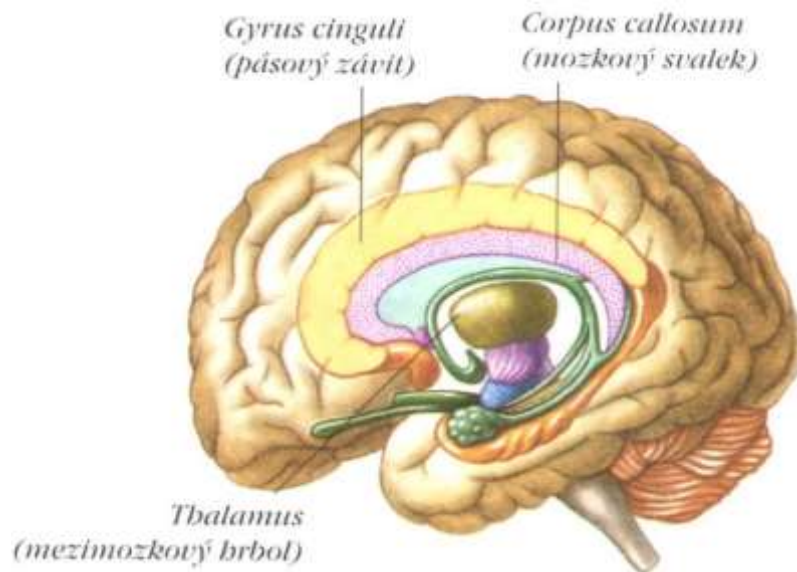
- **Sbíhání** (konvergence) **informací**,
- **koordinace** somatických a autonomních **funkcí**,
- nutná pro **volní i mimovolní motoriku**,
- vliv na **vegetativní funkce** (spánek, bdění).

LIMBICKÝ SYSTÉM

- Prstencovitě uspořádaná oblast po obou stranách mozkového kmene,
- má spojení s hemisférami mozku.

Funkce:

- „**Útrobní mozek**“ – **kontroluje hypothalamus** (autonomní funkce př. SF, TK, motoriku střev, zornicový reflex),
- **koordinace** somatických a vegetativních funkcí,
- **biorytmy**,
- **sídlo paměťových stop** v CNS,
- má vztah k **emocím, instinktům, motivacím, chování, pozornosti, učení**.



Obr. 89 Uložení limbického systému. *Zdroj: Atlas lidského těla*

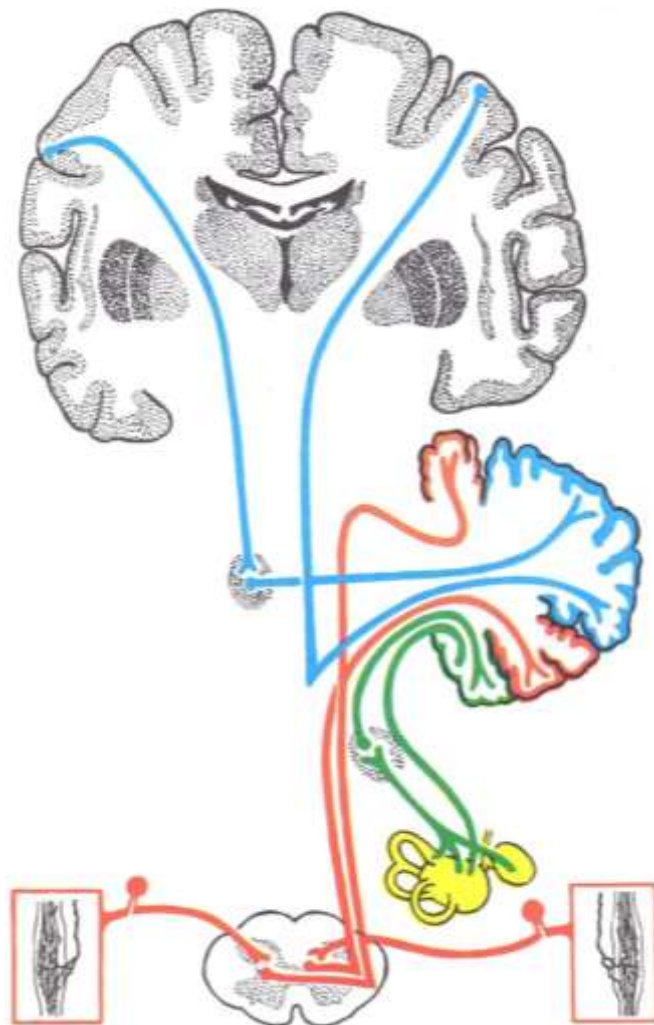
11.2.4 MOZEČEK (cerebellum)

Nasedá zezadu na prodlouženou míchu, Varolův most. Překrývá IV. komoru.

Části:	vestibulární (archeocerebellum)	přijímá vzruchy z vestibula,
	spinální (paleocerebellum)	končí zde míšní dráhy,
	kortikální (neocerebellum)	končí dráhy z mozkové kůry.

Funkce:

- Přijímá vzruchy ze všech receptorů periferie, z labyrintu, z proprioreceptorů,
- **integrační a koordinační centrum volních a mimovolných hybností,**
- **reflexní centrum,**
- **spinální mozeček řídí svalové napětí (rovnováhu) a koordinaci pohybů**
- **vestibulární mozeček udržuje rovnováhu, vzpřímenou polohu těla,**
- **kortikální mozeček provádí korekci pohybů** (vliv mozkové kůry na volní motoriku), koordinací.



Obr. 90 Dráhy mozečkové. *Zdroj:* Anatomie člověka II

Vysvětlivky: červeně označeny dráhy míchomozečkové, zeleně předšínozečkové, modře přímá dráha mozkomozčková a mozkomostomozečková; v červeném rámečku jsou svalová vřeténka.

10.2.5 MEZIMOZEK (diencephalon)

Navazuje na konec mozkového kmene. Je uložen mezi hemisférami koncového mozku.

10.2.5.1 THALAMUS (hrboly mezimozkové)

Tvořen skupinou jader. Část jich má spojení s limbickým systémem.

Funkce:

- „**Brána vědomí**“ – zde se **sbíhají** dostředivé dráhy ze všech receptorů,
- **vzruchy se převádí** (tvoří se spojení) do **mozkové kůry**, do ostatních **podkorových ganglií** a **mezi** jednotlivými **jádry thalamu**,
- **zabezpečuje uskutečnění nejsložitějších pohybových i vegetativních reflexů**,
- při **poruchách thalamu** dochází k **poruchám vnímání** v oblasti všech smyslových orgánů (se ↓práh pro vnímání bolesti),
- podílí se na vegetativních reakcích (př. zčervenání, zblednutí, změny nálady).

10.2.5.2 HYPOTHALAMUS (podhrbolí)

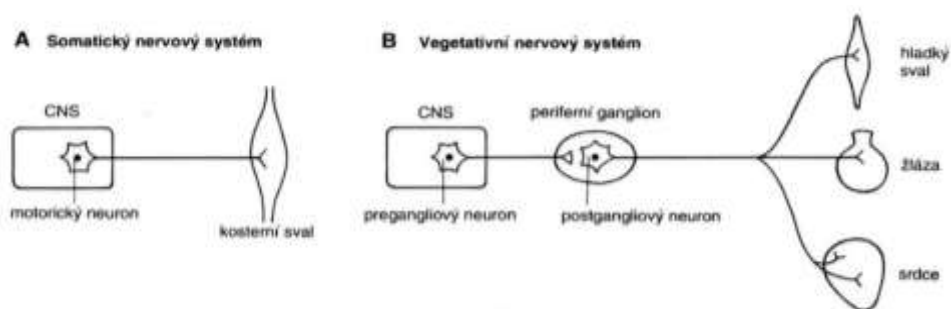
Oblast tvořící dolní část stěn a spodinu III. komory. Na stopce vybíhající z báze mezimozku je zavěšena hypofýza.

Funkce:

- Příjem sensorických informací z vnitřních orgánů,
- je **vyšším centrem pro vegetativní funkce**, které řídí, je **nadřazen AVS**,
- **regulace emocí** (stresové reakce – útok, útěk),
- **regulace sexuálního chování**,
- **regulace biorytmů**,
- **termoregulace**,
- **řízení příjmu vody** (centrum žízně) a **potravy** (centrum hladu a sytosti),
- **sekrece spouštěcích hormonů** (liberinů, statinů) pro **adenohypofýzu**,
- **sekrece ADH, oxytocinu**.

AUTONOMNÍ VEGETATIVNÍ SYSTÉM

- Pracuje nezávisle na naší vůli,
- řídí činnosti hladkého svalstva, žláz a srdce,
- udržuje homeostázu.
- Oddíly: **sympatikus** nervy vystupují z **hrudní** (Th1–12) a **bederní** míchy (L1–2),
parasympatikus nervy vystupují z jader **hlavových nervů** (III., VII., IX., X.) mozkového kmene a **křížové** míchy (S2–4),
- **Eferentní vlákna jsou 2 neuronová,**



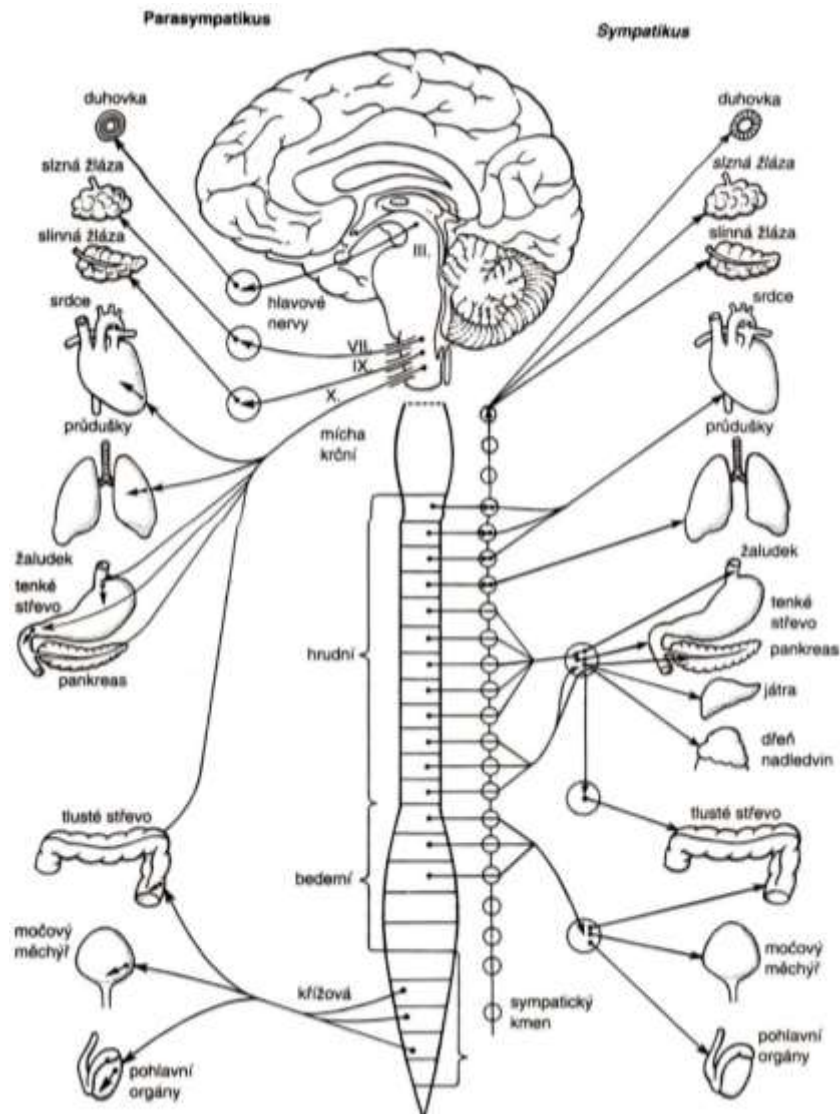
Obr. 91 Rozdíly v organizaci somatického (A) a vegetativního (B) NS.

Zdroj: Biologie člověka

- synapse jsou přepojována v **periferních gangliích**.
- **Sympatikus** má **ganglia** uložena **podél páteře**, vzájemně propojeny, tvoří **sympatický kmen**,
aktivace – **příprava** organismu na **fyzickou i psychickou zátěž**.
- **Parasympatikus** **ganglia** uložena v těsné **blízkosti inervovaných orgánů**, tvoří **parasympatický kmen**,
aktivace – **zotavení organismu**,
zvýšení sekrece a hybnosti v trávicí trubici.

Úrovně řízení

- **Mícha** centra reflexů vyprazdňování močového měchýře a střev, pohlavní reakce,
- **prodloužená mícha** centra ovlivňující životně důležité funkce,
- **hypotalamus** nejvyšší ústředí AVS, řídí příjem potravy a vody (zaznamenává koncentraci glukózy v krvi a osmotický tlak plazmy).



Obr. 92 Autonomní vegetativní systém. Zdroj: Biologie člověka

BAZÁLNÍ GANGLIA (nuclei basales)

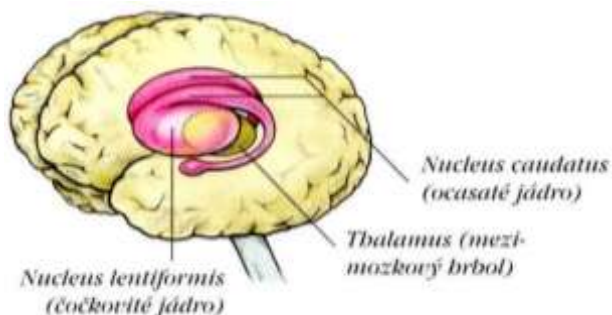
- Tvoří jádra **ocasté** (nucleus caudatus) a **čočkovité** (nucleus lentiformis), které je složeno z **putamen** a **globus pallidus**,
- funkčně se k nim řadí i jádra středního mozku **substantia nigra** a **nucleus ruber**

Význam:

- Přijímají dostředivé vzruchy až po přepojení v thalamu a z mozkové kůry,
- vydávají jen sestupná vlákna hlavně k hypothalamu,
- s nižšími centry spojeny prostřednictvím globus pallidus,
- jako celek se nazývají **mimopyramidový** (extrapyramidový) **systém**.

Funkce:

- Podkorové centrum pro **regulaci pohybu**,
- **řídí svalový tonus**,
- **tlumí nežádoucí souhyby** (průvodní pohyby),
- **vytváření pomalých ustálených pohybových programů**.



Obr. 93 Bazální ganglia. Zdroj: Encyklopedie lidského těla

11.2.6 KONCOVÝ MOZEK (telencephalon)

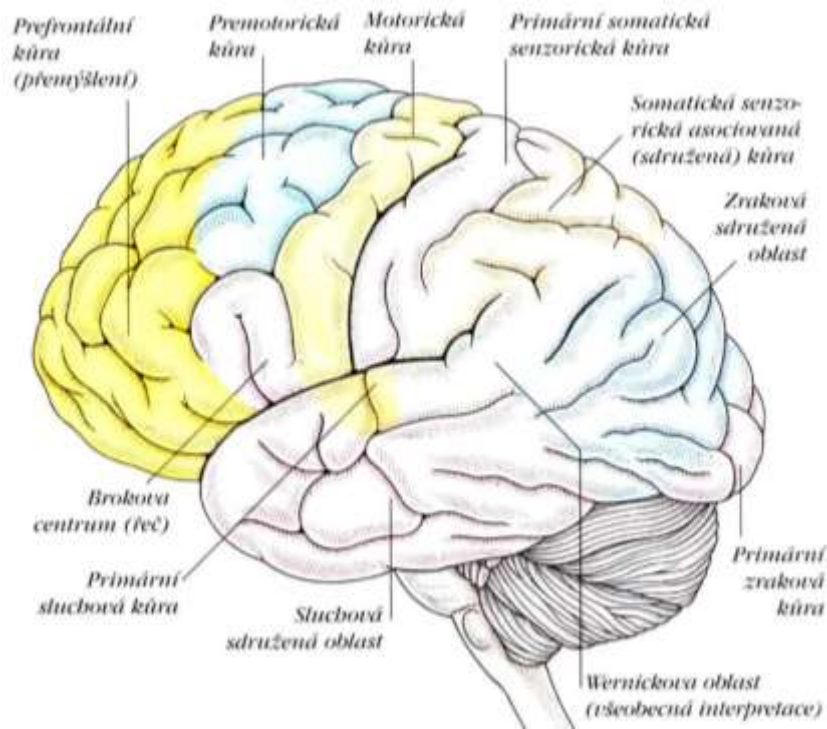
Dvě hemisféry (16 x 14 x 12 cm) spojené vazníkem. Na vnitřní straně pozůstatek čichového mozku (limbický systém).

Funkce:

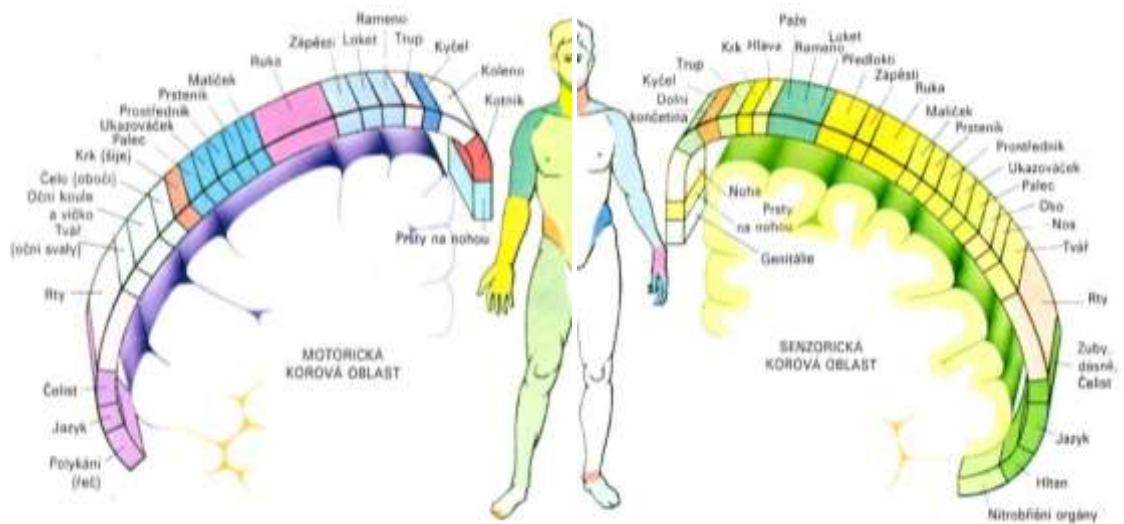
- **centrum zraku, čichu, sluchu, senzorická a motorická oblast**,
- **nejvyšší integrační ústředí**,
- umožňuje **vznik podmíněných reflexů** (dočasných spojení),
- **nejvyšší koordinační centrum** (vliv na veškeré funkce organismu a **sjednocují činnost orgánů**, regulují vztahy organismu jako **celku k vnějšímu prostředí**),
- **centrum vyšší nervové činnosti** (řeč, učení, paměť, myšlení, duševní činnosti).

Funkční asymetrie hemisfér

- 30–30 % nevyhranění a leváci (dědičnost, výchova, /často umělci, géniové/)
- 9 % čistí leváci,
- **pravá hemisféra – citová, umělecká**,
- **levá hemisféra – racionální, řeč**.



Obr. 94 Centra analyzátorů. Zdroj: Encyklopedie lidského těla



Obr. 95 Motorická a senzorká korová oblast. Zdroj: Lidské tělo

11.3 ŘÍZENÍ MOTORIKY

Hybnost jako celek

- **postoj a lokomoce** (především extensory) – základem jsou postojové a vzpřimovací reflexy,
- **2. práce a obživa** (extensory, flexory HK, DK),
- **3. komunikace** (řečové, mimické svaly).

Současný pohled na účast centrálních mechanismů

- **Idea (plán) vůle, motivace vykonat pohyb.**
Součinnost limbické kůry, frontálního laloku a podkorových struktur (amygdala).
- **Taktika** vzruch jde z **asociačních** korových oblastí **k BG** (programy pro **pomalé** ustálené pohyby /**opěrná motorika**/) a **mozečku** (programy pro **rychlou**, cílenou motoriku /**cílená motorika**/).
- **Start** (provedení pohybu) probíhá postupně.
Doplňková motorická oblast (programování pohybu) → premotorická oblast (posturální příprava) → primární motorická oblast (začátek pyramidové dráhy).

Předpokladem hybnosti je reflexní svalový tonus, který zajišťuje motorický systém.

MOTORICKÝ SYSTÉM

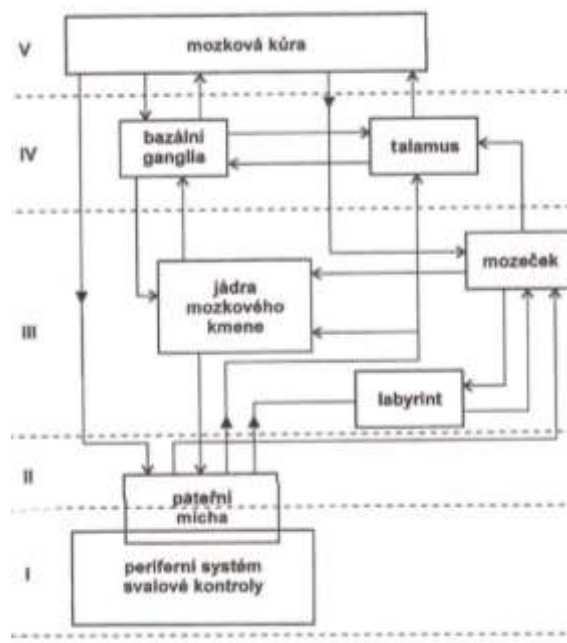
- **Motorická jednotka** α motoneuron a jím inervovaná svalová vlákna,
- **pátevní mícha** uskutečňuje základní **postojové a pohybové reakce**,
- **mozkový kmen** zajišťuje **svalové napětí a kontrolu pohybů**,
reflexy základních životních dějů, řeč, mimiku,
- **mozeček** **udržování postoje a polohy** (spinální a vestibulární),
kontrola pohybů (kůra mozečková),
- **thalamus** **registrace pohybů**,
- **bazální ganglia** **tlumivý vliv**, „vytvářejí“ **pohybové programové vzorce**
(mediátory – acetylcholin, dopamin, GABA),
- **mozková kůra** **nejvyšší řídicí ústředí pohybu.**

Motorický systém pohybu

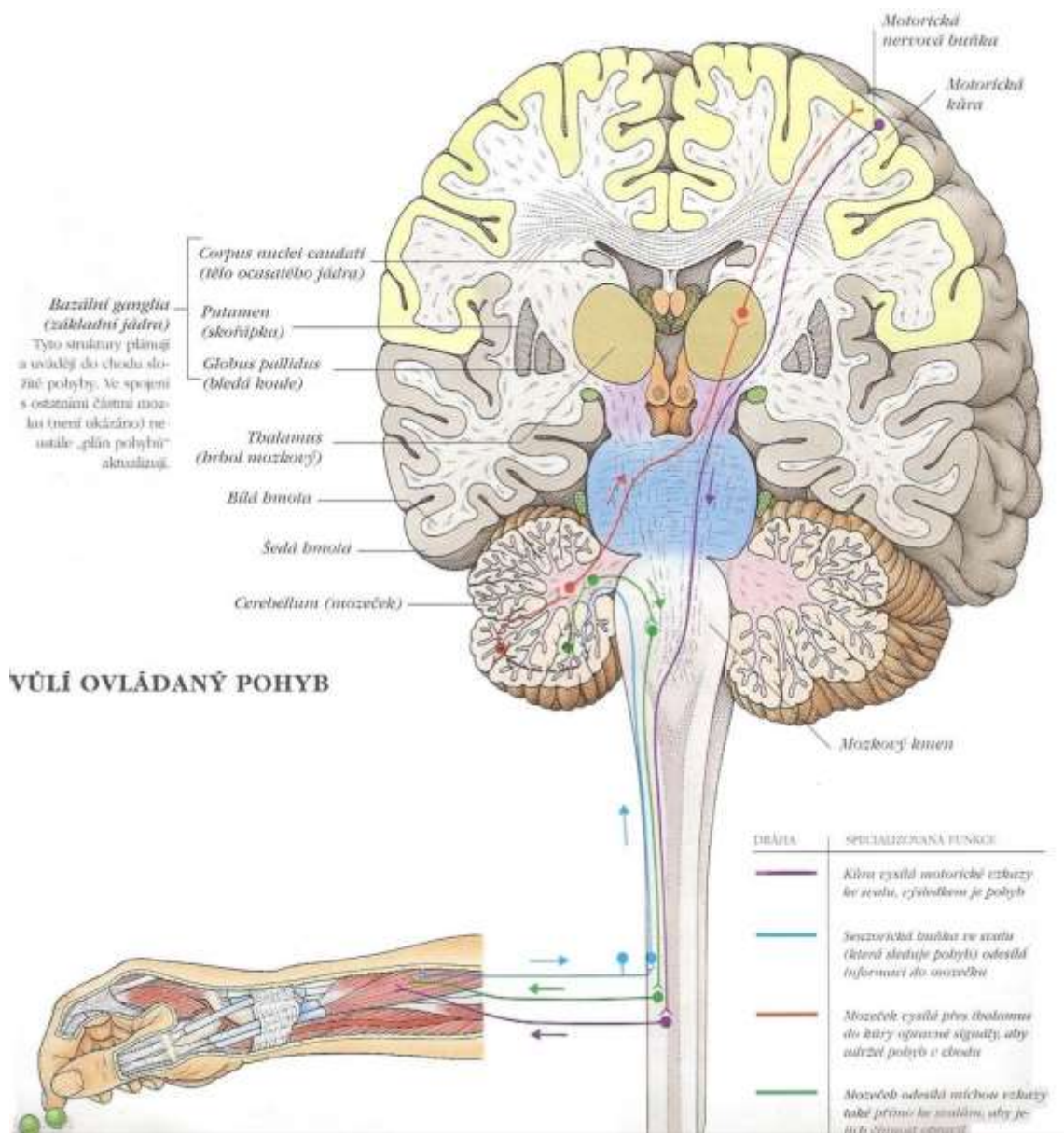
- Zajišťuje **úmyslné pohyby**, **volní** cílenou motoriku (projevem je **reflex**),
- účastní se **mozková kůra**, **bazální ganglia**, **korový mozeček**, **mícha**,
- z **mozkové kůry (MK)** přenos informací → extra/pyramidové dráhy → podkorová centra → mícha → motoneurony → motorická ploténka → inervovaného svalového vlákna,
- bez účasti pyramidové oblasti **není** možný **volní** pohyb,
- bez účasti nižších oblasti mozku **není** možný **přesně řízený** pohyb,
- **bazální ganglia (BG)** okruh „**kortex** → **striatum** → **pallidum** → **thalamus** → **kortex**“ vytvářejí impulzy „**návody na pohyb**“ → do MK → pyramidová dráha → mícha → svalová vlákna,
- **korový mozeček** řídí **svalové napětí**, **volní a mimovolní** (vzpřímenou polohu a rovnováhu těla) pohyby,
- **mícha** zprostředkuje oboustranné spojení mezi mozkiem a míchou, je nejnižší reflexní centrum pro základní **reflexy**.

Motorický systém polohy

- Zajišťuje **opěrnou motoriku**, je řízen z motorického systému **pohybu**
- účastní se **retikulární formace**, **vestibulární aparát**, **spinální a vestibulární mozeček**,



Obr. 96 Blokové schéma řízení motoriky. Zdroj: Fyziologie a léčebná rehabilitace motoriky člověka.



Obr. 97 Řízení volního pohybu *Zdroj: Encyklopedie lidského těla*

11.4 VYŠŠÍ NERVOVÁ ČINNOST

Vyšší nervová činnost je zajištěna prostřednictvím **podmíněných reflexů** na rozdíl od **nižší** nervové činnosti, kterou zajišťují **nepodmíněné reflexy**.

Vrozené formy chování mají tři projevy:

- **nepodmíněné reflexy** základní, nejdůležitější složka NS, nejsou ovládány vůlí,
- **instinkty (pudy)** nejsložitější forma vrozených reakcí,
- **emoce** vznik a průběh je vázán na limbickou soustavu.

Získané formy chování

Umožňují **přizpůsobování** se měnícím se podmínkám prostředí, **vytváření** dočasných nervových spojení – **podmíněné reflexy** (I. P. Pavlov první formuloval podstatu teorie o učení).

Podmíněné reflexy

- Vytvářejí se **dočasná spojení** mezi dvěma korovými oblastmi,
- Vznikají spojením opakovaného nepodmíněného podnětu s podmíněným podnětem.
- Dráha podnětu není trvalá, **musí se opakovat**, jinak **vyhasíná**,
- **Zajišťují** vyšší nervovou činnost – **paměť, učení, řeč**.

Reflex vzniká na základě určitého signálu. Souhrn signálů se označuje jako **signální soustavy**.

První signální soustava

- Soustava podmíněných reflexů vytvářející se jen pomocí smyslových orgánů (fyzikálních, chemických, biologických).
- Je reakce na **konkrétní signál, podnět** (u zvířat i lidí).
- Na základě **percepce** (konkrétní smyslové poznání, odraz reality) vzniká **počinek, vjem, představa**.

Druhá signální soustava

- Je reakce na **abstraktní podnět** tj. „slovo“ (mluvené, psané) na základě řeči a schopnosti zevšeobecnování se vyvinulo **abstraktní myšlení** (jen u člověka), věda, umění.
- Slyšené slovo: akustický kód (i u zvířat),
sémantický (význam slova – jen u člověka).

11.4.1 ŘEČ

- Je základem komunikace (↓Brocovo centrum – neslyší, nemluví,
↓Wernickovo centrum – slyší, ale nerozumí, porucha asociace).
- Pro zdárný vývoj řeči je nezbytný sluch, intelekt a podnětné prostředí!!!

Osobnost

- **se vyvíjí,**
- lokalizovaná v prefrontální oblasti,
- porucha postižení jen napodobují pohyby, ztrácí motivaci, pozornost, nejsou schopni vymyslet déletrvající plán, změny osobnosti – bezohlednost, nezodpovědnost.

Temperament

- **vrozený**, věkem neměnný,
- **ovlivněný** rasou, národností, typologií.
- **Typologie** (dle Hippokrata) – **sangvinik, choleric, flegmatik, melancholik**
/posuzovány podle *síly* nervových procesů (silný/slábý),
rovnováhy (ne/vyrovnaný) a *rychlosti* s jakou se střídá podráždění
a útlum (rychlý/pomalý)/.

Charakter je **získaný**, důležitý vliv výchovy.

11.4.2 UČENÍ A PAMĚŤ

- Základem je **ukládání a uchování informací**, zapamatování,
- umožňují stálý rychlý růst výběžků na neuronech, **tvorbu synapsí, myelinizaci.**
- Paměť má vztah k motivaci a emocím.

Funkční paměťová síť (neurokognitivní)

- Lokace amygdala, hippocampus, spodina čelních laloků, hypothalamus, thalamus, mozeček (představy).
- **Krátkodobá paměť** změny elektrické aktivity.
- **Dlouhodobá paměť** metabolické změny v proteinech.

Druhy paměti:

- podle nositele informace **dědičná** (vázaná na DNA), **individuální** (RNA)
- času **ultrakrátká** (zlomky sec),
krátká – labilní (sec – min),
dlouhá – stabilní (dny – měsíce),
- způsobu percepce **vizuální, akustická, haptická,**
- obsahu **vědomá** (pojmová, dějová, příběhová), **nevědomá** (dovednostní-základem motorického učení, senzorická, reflexní),
- trvalosti spojení **primární** (sec) – rychlé zapomínání,
sekundární (roky) – nutné opakovat, jinak se zapomíná,
terciální (celý život) – čtení, psaní, běžné výkony, profesionální dovednosti.

VOLNÍ A MIMOVOLNÍ ČINNOST

Volní činnost

- je komplex **získaných reflexních mechanismů**,
- činnost neokortexu, podmíněně reflexní činnost,
- **pohybové vzorce, abstraktní myšlení, řeč, paměť**.

Mimovolní činnost

- mohou způsobit **nepodmíněné reflexy** (míšní úroveň),
- **motivace** (RF, limbický systém, hypothalamus),
- **emoce** (hypothalamus, limbický systém),
- **instinkty** (limbický systém).

11.4.3 SPÁNEK

Spánek je fyziologický stav organismu, kdy člověk leží se zavřenýma očima, nevnímá okolí, nereaguje na řeč. Reflexní pohybové děje jsou silně oslabeny nebo vyhasínají (↓SF, činnost TS, ledvin, zpomaluje se dýchání).

Spánek slouží k **obnově pracovních schopností**, především CNS.

Měřítkem pro **hloubku** spánku je **intenzita** podnětu vyvolávající probuzení.

Francouzský neurofyziolog Michel Jouvet objevil, že existují dvě spánkové fáze.

Spánek vždy začíná pomalou fází.

1. fáze

- se označuje **NREM** (Non REM), **pomalý spánek** (telencefalický) je vyvolán změnami v mozkové kůře), pomalý EEG spánek (vyhodnocuje se z elektroencefalogramu), dochází k obnovení spíše fyzických sil, spánek se prohlubuje, má čtyři stádia,
- 1. stádium *velmi lehký spánek* (přechod z bdění do dřímoty, ospalost), který netrvá příliš dlouho, začínáme odpočívat a snít, během přechodu do další fáze se můžeme začít třást,
- 2. stadium *stabilnější lehký spánek* (dřímota), ↓ DF, ↓tělesná teplota, ↓TF, svaly se uvolní, mozkové vlny začnou být méně aktivní,
- 3. stadium *střední až hluboký spánek*, na konci této fáze je nejnižší úroveň mozkových vln, DF, SF, teploty, postupně dochází k uvolnění,
- 4. stadium *hluboký spánek*, extrémnímu uvolnění (je velmi obtížné dotýčného probudit), označuje se za fázi hojení, během níž dochází k růstu a opravě tkání, uvolňují se potřebné hormony, obnovuje se buněčná energie.

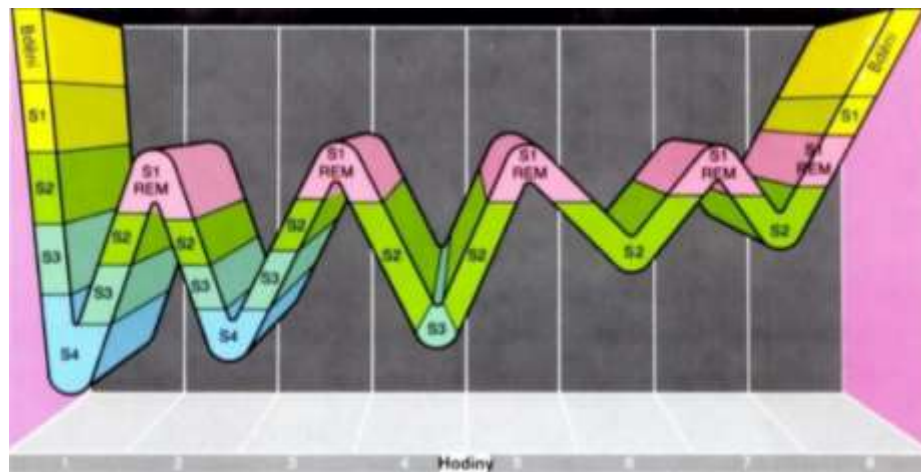
Odborníci se domnívají, že zdravý člověk by měl strávit v hlubokém spánku 13–23 % z celkové doby spánku.

2. fáze

- Se označuje **REM** (Rapid Eye Movements – **rychlý pohyb očí**), **rychlý spánek**, paradoxní (rombencefalický),

- rychlé pohyby očních bulbů, ↑průtok krve, ↑tělesná teplota, ↑VO₂, ↑SF, ↑DF, jako když jsme vzhůru,
- dochází k němu asi **90 minut po usnutí**, opakuje se každou 1,5 h spánku, trvá 10-20 min,
- v REM fázi by dospělí člověk měl prospat 20–25 % z celkového času spánku,
- v mysli probíhá řada funkcí jako proces učení a zpracovávání emocí, snění, upevňují se vzpomínky, vyrovnávají se hladiny cukru v krvi, metabolismus se dostává do rovnováhy, dochází k posilování imunitního systému, mozek detoxikuje,
- fáze důležitá pro obnovení duševních sil (proces zotavení).

V průběhu jedné noci se obě fáze střídají. Opakují se čtyřikrát až pětkrát. Hloubka spánku se postupně zmenšuje.



Obr. 98 Spánkové fáze. *Zdroj:* Lidské tělo

Přibližně 50 % spánku probíhá ve fázi REM, dalších 50 % je rozděleno mezi všechny čtyři fáze NREM.

Potřeba spánku se v průběhu života mění:

batolata	11–14 hod,
předškoláci	10–13 hod,
dospívající	8–10 hod,
dospělí	6–8 hod.

12 FYZIOLOGIE SMYSLŮ

12.1 ZRAK

Oko je zrakový analyzátor se složitou **světlořadnou optickou soustavou** s dioptrickou mohutností asi 60 D (dioptrií).



Obr. 99 Optická sestava oka. Zdroj: Biologie člověka

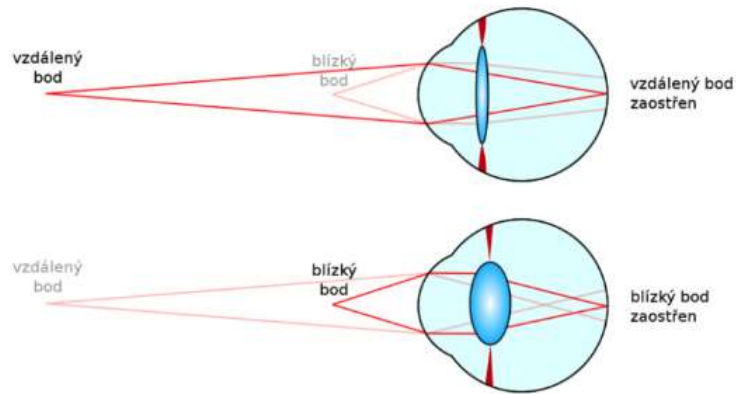
(D) Dioptrie je číslo – jednotka, která udává schopnost oka lomit paprsky světla. Jedná se o tzv. převrácenou hodnotu ohniskové vzdálenosti. Pokud má čočka ohniskovou vzdálenost 1 metr, má optickou mohutnost 1 dioptrie.

Rozlišovací schopnost oka

- Člověk s ohledem na jas, barvu a sytost rozliší až 600 000 barevných pocitů,
- vnímá **tvar, velikost, barvu, směr pohybu, vzdálenost**,
- pozorovaný předmět se **zobrazí na sítnici obrácený a zmenšený**,
- **lomnými plochami** jsou **rohovka**, přední a zadní strana **čočky** (Obr. 98).

AKOMODACE

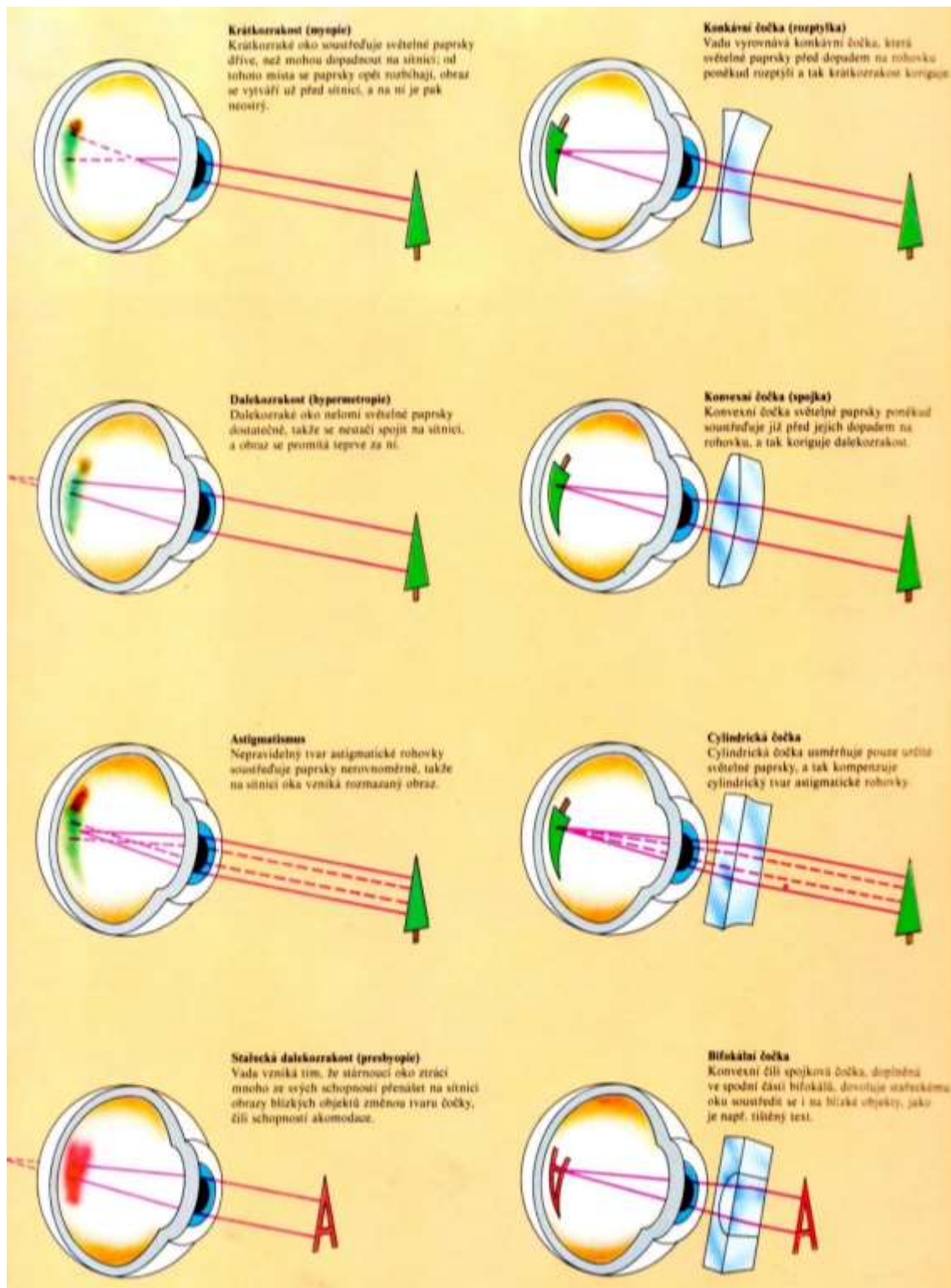
- Oko vidí **ostře předměty vzdálené od oka víc než 5 m**.
- V **klidu** je zaměřené do **dálky**, blízké předměty musí zaostřit – **akomodovat**.
- Vyklenutí přední plochy čočky (*akomodace*), umožní akomodační sval (m. ciliaris), dochází k **zaostření** oka na vidění **do blízka**.
- Okohybné svaly **inervují** hlavové nervy **IV. (n. trochlearis)**, **VI. (n. abducens)**, **III. (n. oculomotorius)**.



Obr. 100 Akomodace oka. Zdroj: <https://bmedic-online.cz/>

Vady oka

- **Emetropické oko** nekonečně vzdálený bod se **zobrazuje správně** na sítnici.
- **Ametropické oko** vzdálenost mezi čočkou a sítnicí není úměrná, lomivosti čočky (ta je malá), objevují se dioptrické vady.
 - *Krátkozrakost* (myopie) oční **osa je dlouhá**, vzdálené předměty se zobrazují **před sítnicí**, koriguje se **rozptylkami**.
 - *Dalekozrakost* (hypermetropie) oční **osa krátká**, **obraz** vzdálených předmětů padá **za sítnici** (oko musí akomodovat, aby vidělo ostře vzdálené předměty, tím vyčerpá akomodační schopnost a nemůže vidět blízké předměty ostře), koriguje se **spojkami**.
 - *Astigmatismus* **plocha rohovky není přesně kulovitá**, oko nemá pro všechny paprsky společné ohnisko, obraz není ostrý, koriguje se **válcovitými** (cylindrickými) **čočkami**.
 - *Stařecké vidění* (presbyopie) nejbližší místo (tzv. **blízký bod**), kde ještě vidíme předmět ostře je **7 cm** (bývá v mládí), s přibývajícím věkem se od oka vzdaluje, ↓**pružnost** čočky, **upraví brýle spojky** (bifokální čočka), do **dálky** člověk **vidí dobře**, bez brýlí.



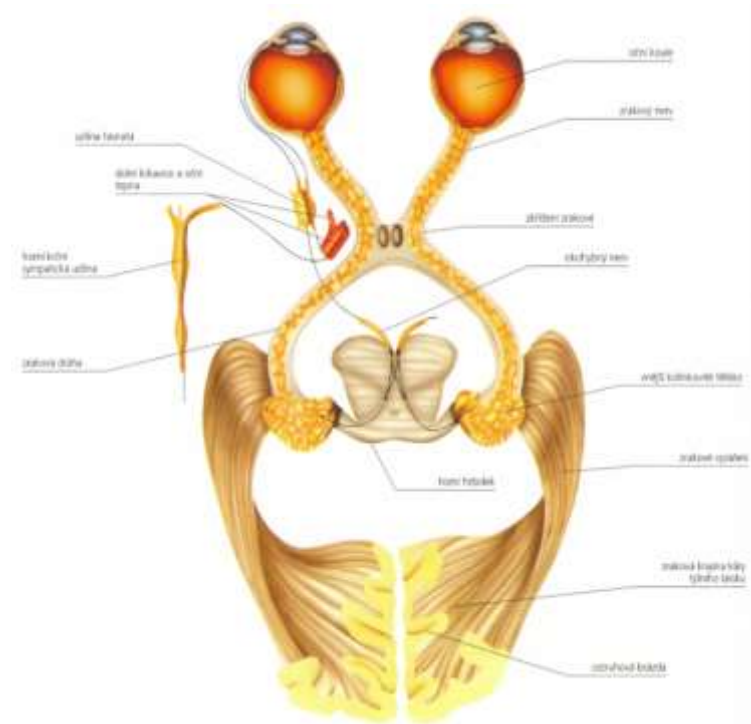
Obr. 101 Dioptrické vady oka. Zdroj: Lidské tělo

Korekce příjmu světla

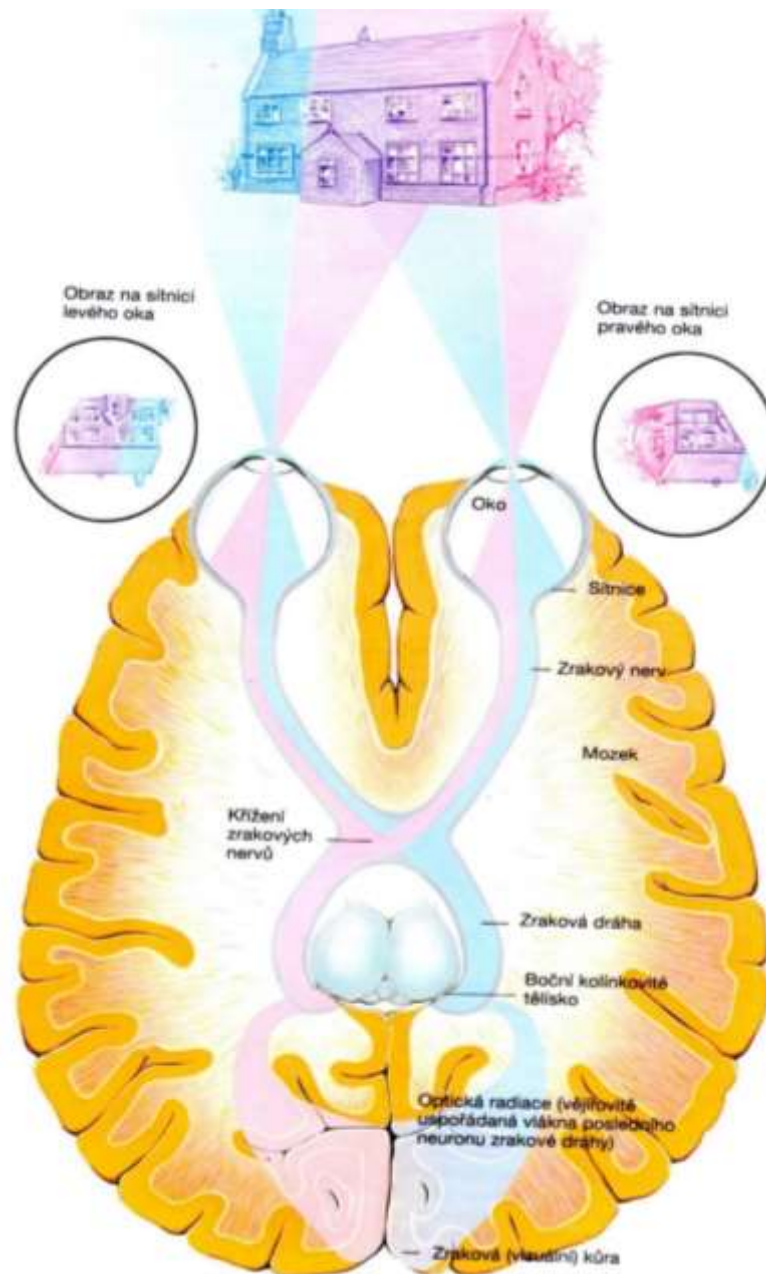
- **Reakce zornic** ochrana před ostrým světlem, **inervuje AVS** (sympatikus rozšiřuje, parasympatikus zužuje).
- **Miotický reflex** (pulpipokonstrikční) **zúžení zornic na osvit**, při osvitu jednoho oka, reaguje i druhé, konstrikce nastává i u neosvíceného oka, i při akomodaci.
- **Mydriatický reflex** (pupilodilatační) **rozšíření zornic při snížení osvitu**, reflex vyvolá **atropin, adrenalin**, **vyhasnutí reflexu nastává při bezvědomí**.

Zraková dráha

- Paprsky projdou zornicí – průhlednými částmi oka – na sítnici zmenšený obrácený obraz,
- /1. neuron/ paprsky podráždí **tyčinky a čípky** → vzruch →
- /2. neuron/ → **zakovým nervem II. (nervus opticus)** → **překřížení vláken** → **čtverohrbolí středního mozku** → **thalamus (corpora geniculata lateralia)** →
- /3. neuron/ → **mozková kůra** (okcipitální lalok, sulcus calcarinus) –



Obr. 102 Zraková dráha oka. *Zdroj:* Lidské tělo



Obr. 103 Mechanismus vidění. *Zdroj: Lidské tělo*

Receptory

- **Čípky** v centrální části sítnice, **citlivé na barvy, ostré vidění**, fotopigment tvoří **photopsin, retinal**,
- **Tyčinky** v periférii sítnice, **černobílé vidění, neostré** obsahují fotopigment **rhodopsin** rozkládající se na světle, bledne a mění se na zřakovou žluť až běl, ve tmě se obnovuje.

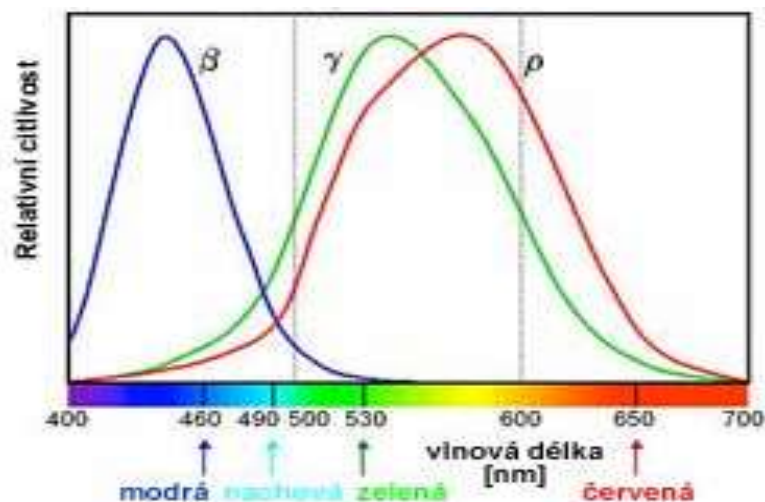
Při slabém osvětlení za šera a za tmy, vnímáme pouze tyčinkami.

Adaptace:

- **na tmu** **koncentrace** fotopigmentu ↑ v tyčinkách i čípkách,
↑ **citlivost na světlo**,
šeroslepost člověk normálně vidí za dobrého osvětlení, nevidí nebo špatně za šera, porucha tyčinek (nedostatek vit. A nemůže tvořit rhodopsin),
- **na světlo** **koncentrace** fotopigmentu ↓, ↓ **citlivost na světlo**.

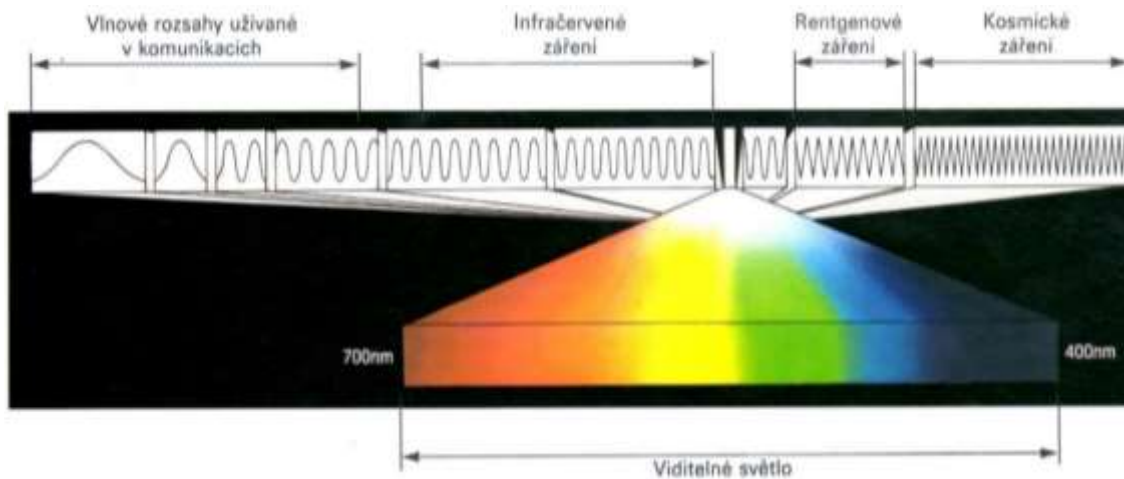
Barevné vidění

- **Viditelné světlo** je část **elektromagnetické záření**, jehož vlnová délka je v rozsahu **380 až 750 nm** (odpovídá frekvenci 790–400 THz), tyto hodnoty odpovídají různým barvám spektra.
- Barevné spektrum je část elektromagnetického spektra viditelná lidským okem (Obr. 104).
- Barevné vidění je umožněno rozlišovací schopností **3 typů čípků** s max citlivostí v oblasti **červené** (cca 570 nm), **zelené** (cca 540 nm), **modré** (cca 440 nm).
- Normální vidění je **trichromatické**.



Obr. 104 Citlivost oka na barvy. *Zdroj:* Encyklopedie lidského těla

- **Neviditelné světlo (záření)** pod 400 nm – ultrafialové, rentgenové, gama, kosmické,
nad 700 nm – infračervené, radiové vlny, mikrovlny.



Obr. 105 Elektromagnetické spektrum. Zdroj: Lidské tělo

- **Bílé světlo** je tvořeno směsí světél různých vlnových délek.
- **Barvoslepost** je porucha vidění některé ze základních barev, Vrozenými poruchami trpí muži (až 9 %) více než ženy 1–2 % populace.

Prostorové vidění

- je schopnost **vnímat prostor, vzdálenosti**,
- je umožněno binokulárním viděním, akomodací oka, sbíháním očních os.
- **Prostorový práh u normálního oka je 60°.**
- **Identická místa** na sítnici odrážejí fixovaný bod na stejných místech, **vidíme ostře.**
- Polokružnice tvořená z identických bodů se nazývá **horopter.**
- Body na sítnici jsou před i za horoptrem (disparátní), vidíme **neostře**, dvojitě.



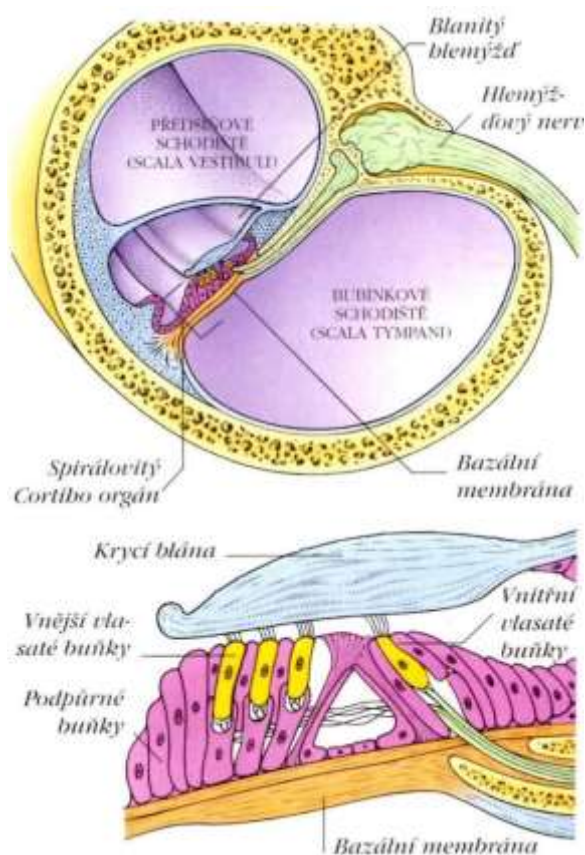
Obr. 106 Horopter Zdroj: www.google.com

12.2 SLUCH

Vlastní **recepční buňky** jsou uloženy v **hlemýždi** (v blanitém labyrintu ve vnitřním uchu) a jsou **drážděny zvukovými podněty**.

Vnímání zvuku

- je založeno na **přenosech zvukových vln** a využití **rezonance**,
- délka bazální membrány určuje výšku tónu (frekvenci),
- na bázi jsou kratší vlákna, na hrotu delší,
- čím je délka vláken kratší, tím člověk reaguje na vyšší tóny.
- **Receptory** (smyslové buňky **Cortiho orgánu**) jsou na bazální membráně.

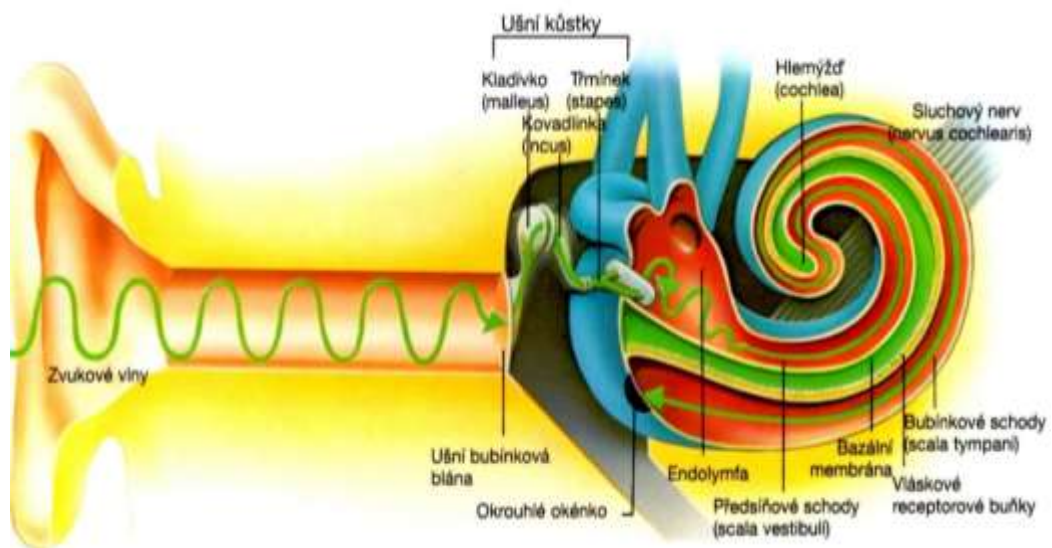


Obr. 107 Cortiho orgán. Zdroj: Encyklopedie lidského těla

Cesta zvukové vlny

- Pohyb **třmínku**, zasazeného v oválném okénku se **přenáší na perilymfu hlemýždě** (tekutina je nestlačitelná, tlakovým změnám uhýbá okrouhlé okénko, které se může vyklenovat do středního ucha).

- Pohyb tekutiny rozechvěje **bazální membránu** a na ní spočívající **Cortiho orgán** (čivé buňky),
- ty při pohybu svými řasinkami **narážejí** na **krycí blanku**, tím se podráždí a vzniká **vzruch**.



Obr. 108 Zvuková vlna. Zdroj: Atlas lidského těla

Dráha sluchu

- **VIII. hlavovým nervem (n. vestibulocochlearis)** → přes **střední mozek** (čtverořbolí-coloculi caudales) → *corpora geniculáta thalamu* → v mediálních jádrech přepojení na další neuron → **mozková kůra**.
- **Centrum** je ve **spánkovém laloku** (*Heschlovy závitě*).

Zvuk charakterizuje

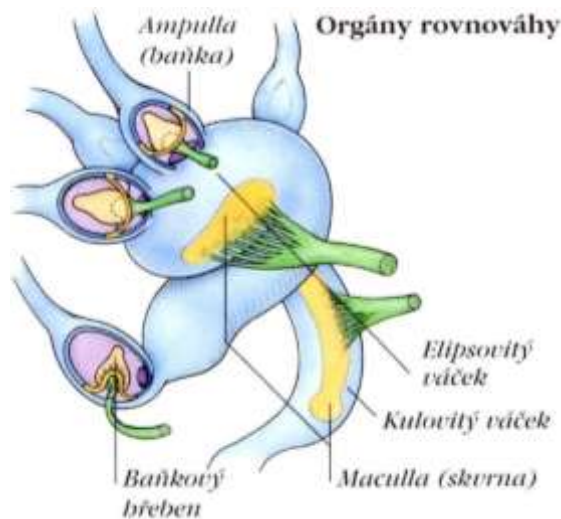
- **frekvence (Hz)** 16 000-20 000 Hz slyšitelné chvění pro lidské ucho, s věkem klesá,
- **intenzita (dB)** velikost rozkmitu (síla),
- **barva** vlastností, které rozlišují zvuk různých hudebních nástrojů, další tóny k tónu základnímu.

12.3 ROVNOVÁHA

Vestibulární analyzátor (rovnováha) je uložen v **labyrintu** ve vnitřním uchu. Receptory **labyrintu** jsou v **utriku**, **sakulu** (váčky) a **polokruhovitých kanálcích**.

Z vestibulárního čidla vycházejí reflexy nezávisle na vědomí.

- Reflexy: **statické** – receptory ve **váčkách** (*utrikus, sakulus*),
statokinetické – receptory v **baňkách** (*ampullách*) a **kanálcích**,



Obr. 109 Orgány rovnováhy. *Zdroj:* Encyklopedie lidského těla

Vnímání polohy

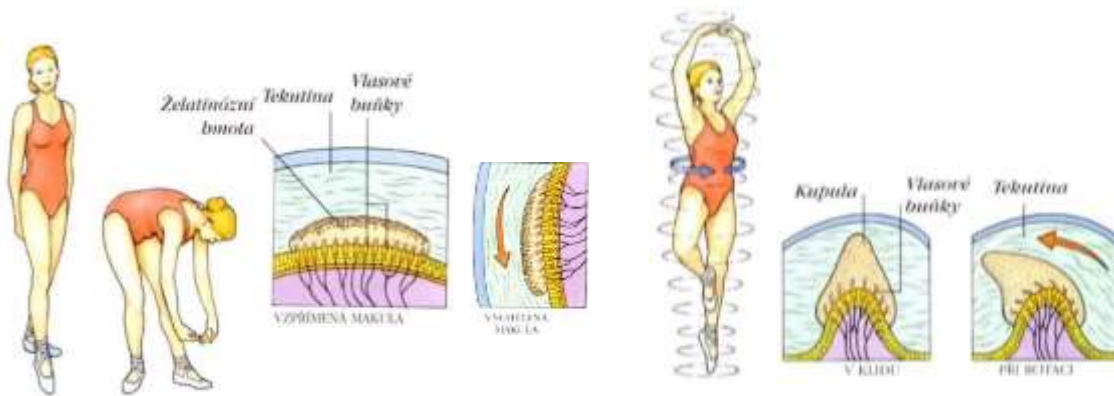
- Při **změně polohy** hlavy se **mění směr tlaku a tahu statolitů** (krystalky uhličitanu vápenatého uložené v blance na rosolovité hmotě *macully*) na řasinky,
- **vzniká podráždění** recepčních buněk v *maculle* – vzniká **pocit polohy hlavy**.
- Vybaví se různé reflexy (hlavně svalové).
- Vzruchy z receptorů šíjového svalstva nás informují, zda se mění poloha celého těla nebo jen hlavy (proti trupu).

Vnímání pohybu

- Při **pohybu** hlavy, hlavně rotačním, se **endolymfa** /uvnitř tří polokruhovitých, na sebe kolmých kanálků rozšířených v baňky obsahující kupuly (vlastní receptorní buňky s vlásky v rosolovité hmotě) / setrvačností **opožďuje, tlak** působí na kupulu **proti pohybu**.
- Při **rovnoměrném pohybu** se proud lymfy **zastaví**, nový **pohyb nevnímáme**.
- Při **zastavení pohybu** se endolymfa pohybuje setrvačností **proti směru pohybu**, vzniká pocit, že se pohybujeme **opačným směrem**.

Prostřednictvím vestibulárního čidla vnímáme **změny v rychlosti pohybu** (přechod z klidu do pohybu a zastavení pohybu):

- změny **úhlové rychlosti** receptory v **polokruhovitých kanálcích**,
- změny **lineární rychlosti** receptory v **baňkách**.



Obr. 110 Vnímání polohy.
Zdroj: Encyklopedie lidského těla

Obr. 111 Vnímání pohybu
Zdroj: Encyklopedie lidského těla

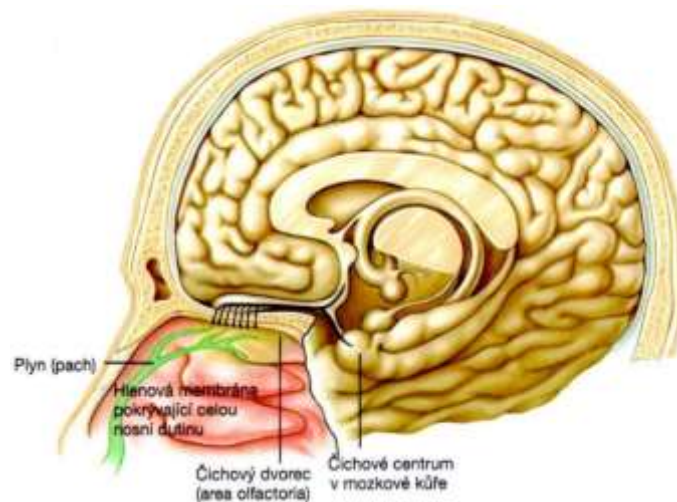
Vestibulární dráha

- **VIII. hlavového nervu (n. vestibulocochlearis)** z vestibulárních **jader** nacházejících se v **prodloužené míše a Varolově mostu** → jde i k jádrům okohybných nervů ve **středním mozku** a do **mozečku** → **mozková kůra**.
- **Centrum mozková kůra** (*gyrus postcentrális*).

12.4 ČICH

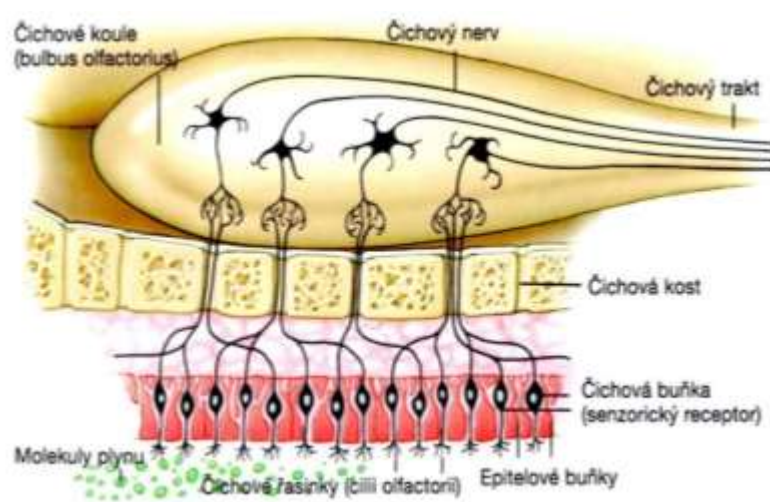
Lidský smysl čichu je mnohem citlivější než chuť. Může být rozpoznáno více než 10 000 vůní.

- **Receptory** (asi 5 milionů) jsou uloženy v **čichové oblasti** (nejhořejší části dutin nosních) v čichovém epitelu **sliznice horní skořepy a přepážky nosní**.



Obr. 112 Čich. Zdroj: Atlas lidského těla

- **Recepční buňky** (čichové) jsou tyčinkovitě ztlustělá zakončení nervových vláken, z nichž vyrůstá několik vlásků.



Obr. 113 Čichové buňky Zdroj: Atlas lidského těla

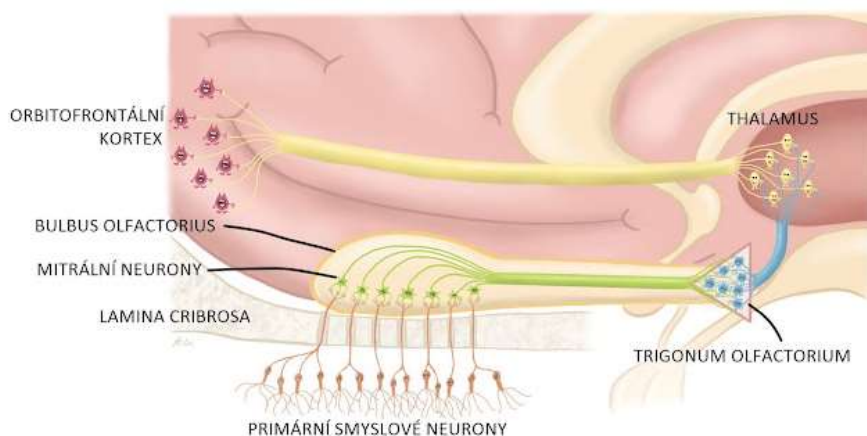
Čichový vjem

- **Podnětem** jsou vonící a páchnoucí částice → do nosu → rozpouštějí se v sekretu sliznice → působí na čichové buňky.
- **Čichový pocit** vzniká **kombinací** různého stupně podráždění různých druhů buněk.
- **Třídění** je různé, př. vůně kořeněná, květinová, ovocná, balzámová, hnilobný zápach, zápach spáleniny.
- **Čichový vjem** je **ovlivněn látkami**, např. mentol (chlad), alkohol (teplo), chloroform (sladko), silné kyseliny (bodavá bolest),
- **Čichový analyzátor** má **dobrou schopnost adaptace**.
- **Čichová ostrost** je vyjádřena prahovým podnětem (různý pro různé látky),
- prahový podnět udává množství látky rozpuštěné v 1 litru vzduchu, potřebné ke vzniku čichového pocitu (pro chloroform je 3,3 mg, éter je 5,8 mg),
- **Čich a chuť jsou spolu propojeny**, pokud člověk přijde o čich, nedokáže při zavřených očích adekvátně rozeznávat chutě.

Dráha čichu

probíhá v **I. hlavovém** nervu (**n. olfactorius**):

1. neuron **čichové buňky** → nervová **vlákna** procházejí otvůrkou v **kosti čichové** → do jader v ***bulbus olfactorius*** (spodina **čelního** laloku) – **primární čichové centrum**,
2. neuron → navazují neurony vedoucí do **mozkové kůry** (vnitřní část **spánkového** laloku).

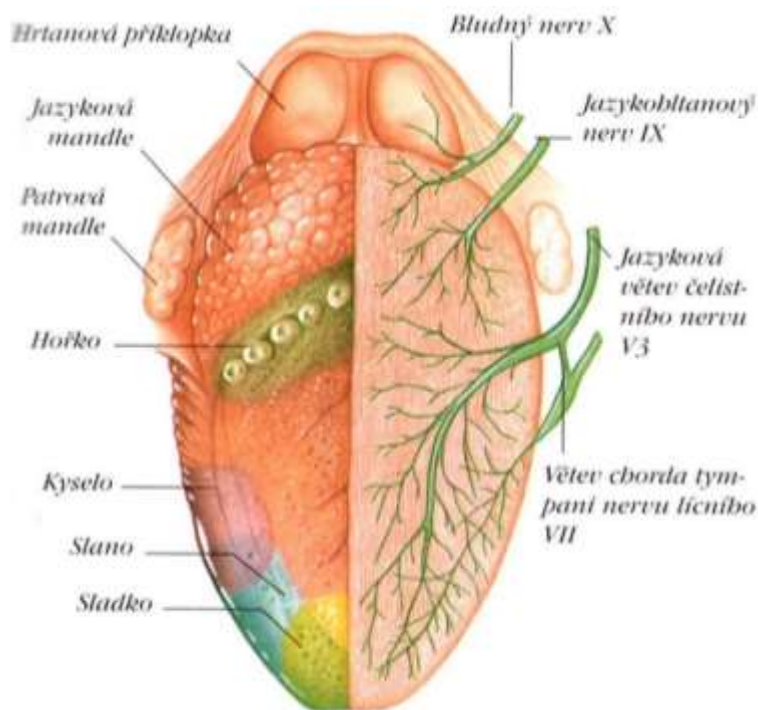


Obr. 114 Čichová dráha *Zdroj: www.axon-med.cz*

12.5 CHUŤ

Receptory jsou uloženy v **chut'ových pohárcích** (cca 200) v **papilách jazyka**.

- **Podráždění** nastane látkami **rozpuštěnými** ve vodě nebo slině, nerozpustné látky receptory nedráždí.
- Pocit **sladka** → prahový podnět → 0,1% roztok cukru v H₂O,
slana → 0,05% roztok kuchyňské soli,
kyselá → 0,0025% roztok kyseliny citrónové,
hořka → 0,001% roztok chininu.
- Chuť se může měnit v závislosti na koncentraci nebo na předchozí požití látky při současném požití některých léků (antibiotika), při některých chorobách (př. jaterních).



Obr. 115 Chuť. *Zdroj: Encyklopedie lidského těla*

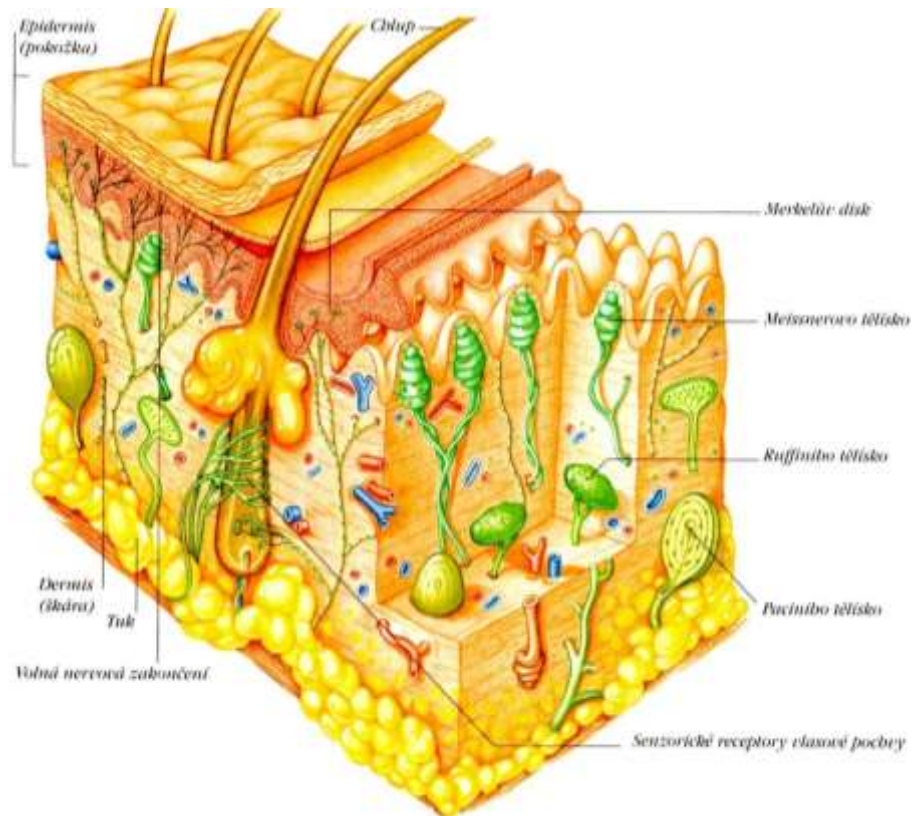
Dráha chuti

- Senzitivní dráhy probíhají v **hlavových nervech VII.** (n. facialis), **IX.** (n. accessorius), **X.** (n. vagus) → zakončeny v **chut'ových centrech mozku kmene** (*nucleus gustatorius*).

12.6 ČITÍ

Receptory **hlubokého** cití jsou **proprioreceptivní** analyzátory (**svalové a šlachové vřeténko**).

Receptory **povrchové** cití jsou **tělíska pro dotyk, tlak, teplotu** (chlad, teplo), **bolest**.



Obr. 116 Hmatové receptory. *Zdroj:* Encyklopedie lidského těla

Povrchové cití

- **Dotek a tlak** receptory v **kůži** u každého vlasu, **sliznici úst, hltanu, nosu**,
taktilní tělíska 20-25/cm²
největší hustota na jazyku, bříška prstů, nejméně na zádech,
lehký dotek a tlak **Merkelův disk, Meissnerovo tělísko,**
volná nervová zakončení,
delší dotek a tlak **Ruffiniho tělísko,**
vibrace, změnu tlaku **Paciniho tělísko.**

- **Teplota** 2 druhy **termoreceptorů** jsou kromě již uvedených míst výskytu i v **cévách a sliznici trávicí trubice**.

Na kůži existují odděleně místa citlivá na chlad a teplo,

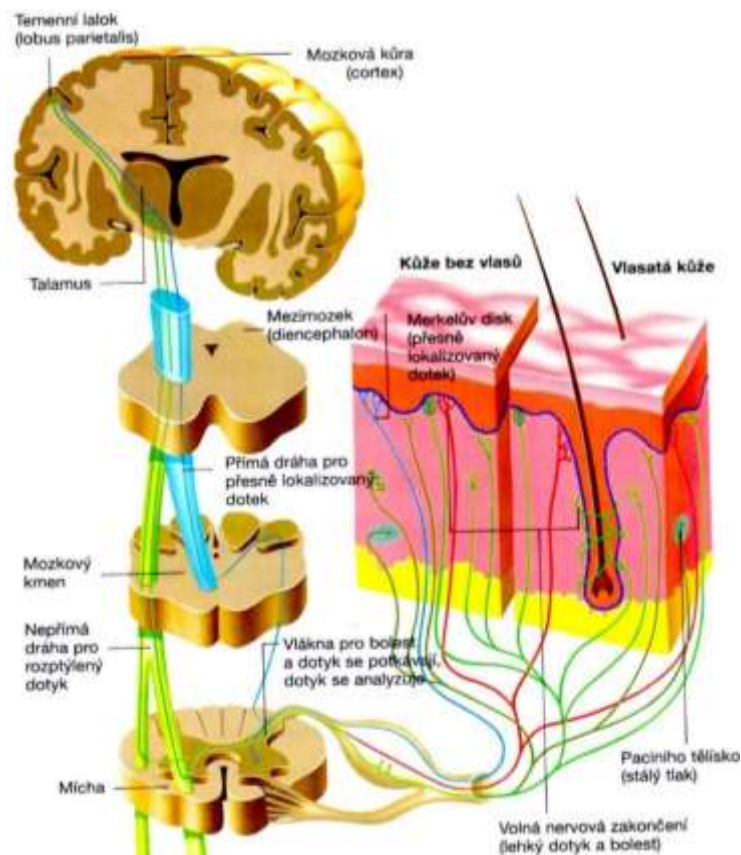
- chladové:** 4–10 x více citlivých míst než tepelných, 10/cm²
reagují v rozmezí teplot **10–30°**,
receptory jsou **volná nervová zakončení, Krausovo tělísko**,
- tepelné:** **reagují** v rozmezí teplot **30–45°**, 5/cm²
receptory jsou **volná nervová zakončení, Rufiniho tělísko**.

Velmi nízké a velmi vysoké teploty dráždí receptory bolesti.

- **Bolest** receptory jsou v kůži, svalech, kostech, vnitřních orgánech, 100/cm²,
receptory jsou **volná nervová zakončení**,
podnětem jsou chemické změny vznikající v okolí receptorů.

Dráhy čítí

- **Receptor → mícha → mezimozek → mozková kůra.**



Obr. 117 Hmatové receptory. *Zdroj: Atlas lidského těla*

LITERATURA

- BARTŮŇKOVÁ, S. et al. 2013. *Fyziologie pohybové zátěže*. 1. vydání. Praha: Univerzita Karlova v Praze. 246 s. ISBN 978-80-87647-06-6.
- FLEISCHMANN, J., LINC, R. 1987. *Anatomie člověka II*. 4. vydání. Praha: SPN. MARSHALL EDITIONS LIMITED. 1991. *Lidské tělo*. 1. vydání. Bratislava: GEMINI. 336 s. ISBN 80-85265-13-3
- JÍLEK, L., TRÁVNÍČKOVÁ, E. ET AL. 1972. *Biologie člověka pro IV. ročník gymnázií*. 1. vydání. Praha: SPN. 268 s.
- MERKUNOVÁ, A., OREL, M. 2008. *Anatomie a fyziologie pro humanitní obory*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing. 304 s. ISBN 978-80-247-1521-6.
- MOUREK, J. 2005. *Fyziologie Obr. 112 Čich. Zdroj: Encyklopedie lidského těla učebnice pro studenty zdravotnických oborů*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing. 204 s. ISBN 80-247-1190-7.
- NOVOTNÝ, I., HRUŠKA, M. 1999. *Biologie člověka pro gymnázia*. 2. vydání. Praha: Fortuna. 136 s. ISBN 80-7168-462-7.
- ROKYTA, R. et al. 2000. *Fyziologie pro bakalářská studia v medicíně, přírodovědných a tělovýchovných oborech*. 2. vydání. Praha: ISV. 359 s. ISBN 80-85866-45-5.
- ROKYTA, R. et al. 2016. *Fyziologie*. 3. vydání. Praha: Galén. 434 s. ISBN 978-80-7492-238-1.
- SELIGER, V., VINAŘICKÝ, R. & TREFNÝ, Z. 1983. *Fyziologie člověka pro fakulty tělesné výchovy a sportu*. Praha: SPN. 429 s.
- SILBERNAGL, S., DESPOPOULOS, A. 2016. *Atlas fyziologie člověka*. 4. vydání. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-4271-7.
- SMITH, T. 2005. *Encyklopedie lidského těla*. 4. vydání. Praha: Fortuna Print. 240 s. ISBN 80-7309-368-5.
- ŠIKL, R. 2012. *Zrakové vnímání*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3029-5.
- TREFNÝ, Z., TREFNÝ, M. 1983. *Fyziologie člověka I*. 1. vydání. Praha: Karolinum. 204 s. ISBN 80-7066-724-9.
- TREFNÝ, Z., TREFNÝ, M. *Fyziologie člověka II*. 1993. 1. vydání. Praha: Karolinum. ISBN 80-7066-725-7.
- TROJAN, S. 2003. *Lékařská fyziologie*. 4. vydání. Praha: Grada Publishing. 771 s. ISBN 80-247-0512-5.

TROJAN, S., DRUGA, R., PFEIFFER, J. & VOTAVA, J. 2005. *Fyziologie a léčebná rehabilitace motoriky člověka*. 3. vydání. Praha: Grada Publishing. 237 s. ISBN 80-247-1296-2.

Tvorba moči. [on-line]. [cit. 2018-1-15]. Dostupné z WWW: <http://fblt.cz/skripta/vii-vylucovací-soustava-a-acidobazická-rovnováha/3-tvorba-moci/>.

WESTON, T. 1995. *Atlas lidského těla*. 1. vydání. Praha: Fortuna Print

Název	Fyziologie člověka: učební texty
Autor	PhDr. Pavlína Vrchovecká, Ph.D.
Vydavatel	Technická univerzita v Liberci Studentská 1402/2, Liberec
Schváleno	Rektorátem TUL dne 2. 11. 2022, čj. RE 41/22
Vyšlo	v listopadu 2022
Vydání	3. doplněné a upravené
ISBN	978-80-7494-623-3
Č. publikace	55-041-22

Tato publikace neprošla redakční ani jazykovou úpravou

