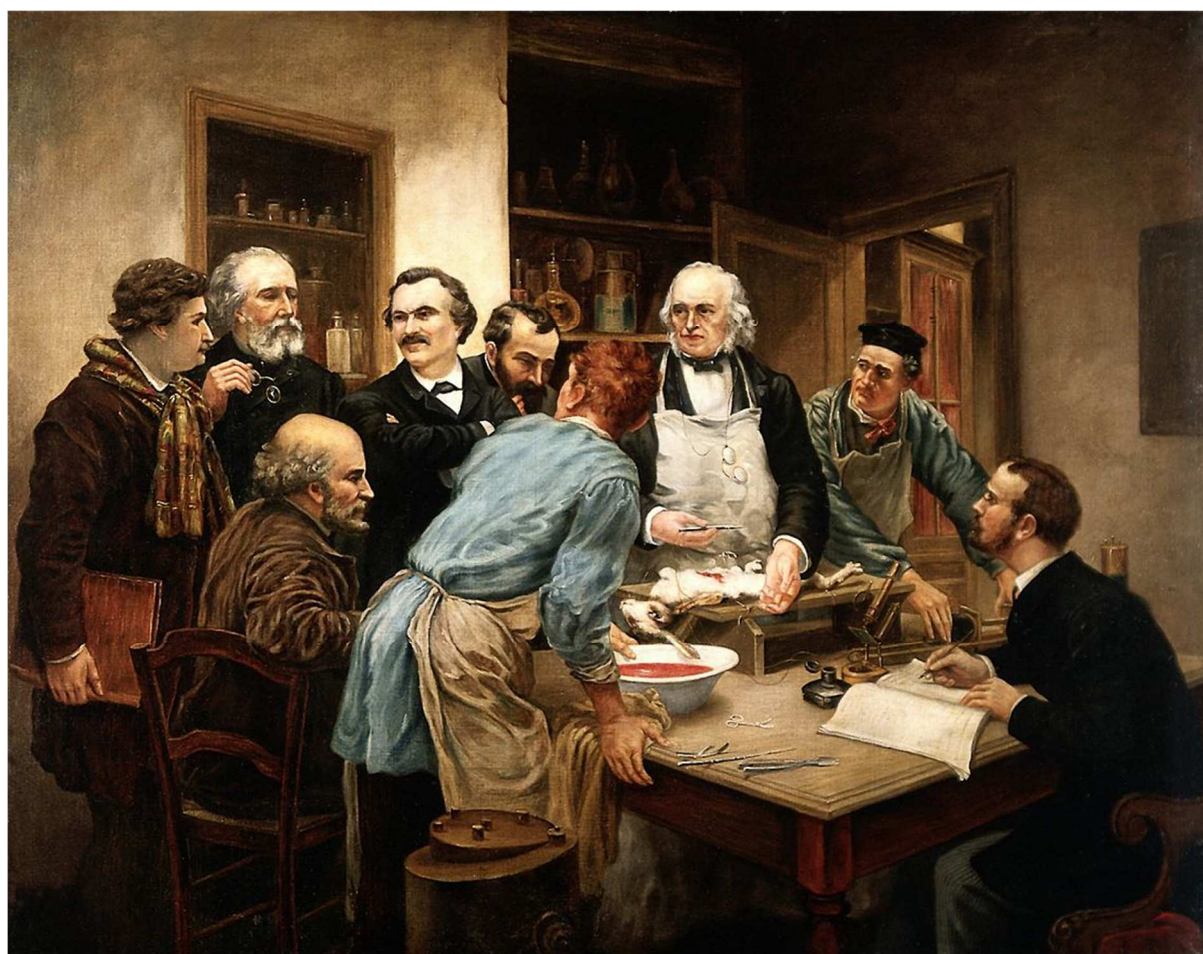


Úvod

V tomto modulu se budeme věnovat funkci jednotlivých orgánových systémů a zaměříme se především na funkce jednotlivých systémů v zátěži. Podrobně rozebereme fyziologické mechanismy, kterými tělo reaguje na aktuální a dlouhodobě opakovanou zátěž. Rozlišíme jednotlivé typy zátěže a jejich dopady na organismus. Probereme aspekty nutné pro regeneraci tkání a opětovné nastavení rovnováhy v organismu. Rozebereme některé choroby ovlivňující tréninkovou aktivitu a také podrobněji nahlédneme do mechanismů vzniku pohybu, a nervosvalové komunikace.



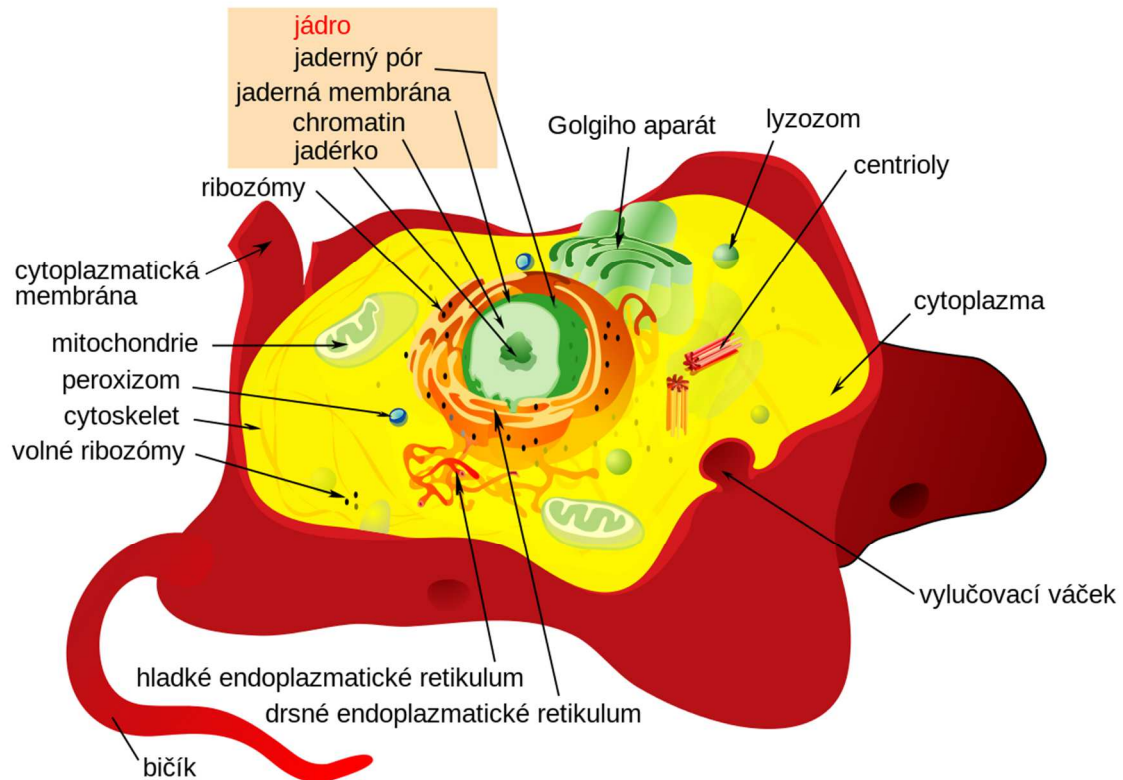
See page for author, CC BY 4.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>>, via Wikimedia Commons

Cytologie - nauka o buňce (opakování z C1)

- lidský organismus je společenství asi 40 bilionů lidských buněk a téměř stejného množství mikrobů
- lidské buňky jsou specializované, plní různé funkce v závislosti na příslušnosti k orgánu nebo jeho částí
- buňky mikrobů žijí za normálních okolností v symbióze (vzájemně výhodné spolupráci) s lidským tělem např. v trávicím traktu, dýchacích cestách, na kůži, pouze při přemnožení některého kmene může dojít ke vzniku onemocnění

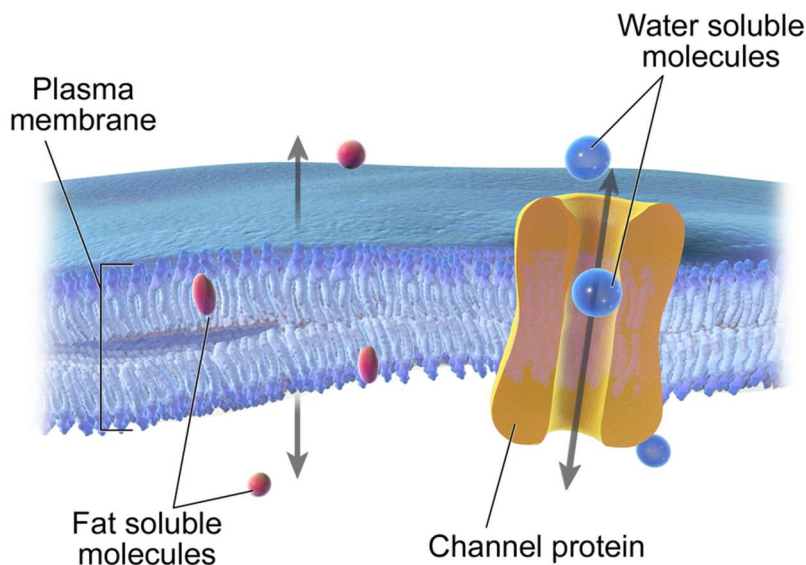
Základní stavba lidské buňky

- lidská buňka se skládá z tzv. organel, vnitřní tekuté prostředí nazýváme **cytoplasma**
- je ohraničena buněčnou membránou, ve které se nachází intracelulární (nitrobuněčná) tekutina a jednotlivé organely (jádro, mitochondrie, atd..)



Buněčná membrána (cytoplasmatická membrána)

- dvojvrstva polarizovaných tukových částic obrácených k sobě hydrofobními konci (viz obrázek), prostřední (hydrofobní, nepolární) vrstva je obtížně prostupná pro nabitě částice, tím buňka drží stálé vnitřní prostředí, co se týče např. minerálů (iontů)
- pro transport vybraných látek přes membránu jsou klíčové tzv. membránové kanály - proteiny, které tvoří uzavíratelné otvory, jimiž mohou proudit jednotlivé látky (ionty, glukóza atd.), buňka si tedy "vybírá", co pustí dovnitř a ven - je polopropustná
- pro komunikaci s vnějším prostředím je na membráně mnoho různých receptorů, které podle přijaté informace v buňce spouští kaskádovou reakci



Diffusion Across the Plasma Membrane

Blausen.com staff (2014). "Medical gallery of Blausen Medical 2014". WikiJournal of Medicine 1 (2). DOI:10.15347/wjm/2014.010. ISSN 2002-4436., CC BY 3.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>>, via Wikimedia Commons

Buněčné jádro

- funkcí jádra je uchovávat genetické informace ve formě DNA, buňka podle tohoto genetického "návodu" vyrábí proteiny, tedy své základní stavební a funkční prvky
- DNA je společně s podpůrnými proteiny uspořádána do tzv. chromozomů
- na přepisu DNA až do konečné proteinové formy se účastní několik dalších organel (endoplasmatické retikulum, ribosomy, Golgiho aparát...) a množství enzymů

Mitochondrie

- jedná se o buněčnou elektrárnu - organelu, jejíž hlavní funkcí je výroba energie pro buněčné životní pochody
- v ději zvaném oxidativní fosforylace štěpí molekuly cukru (glukózy) za přítomnosti kyslíku, přičemž vzniká množství energie
- tyto molekuly jsou rozštěpeny na cílové produkty - CO₂ (oxid uhličitý) a vodu
- energie z této chemické přeměny je zabudována do molekuly ATP, která slouží k uchování energie a je dále využívána v buněčných pochodech

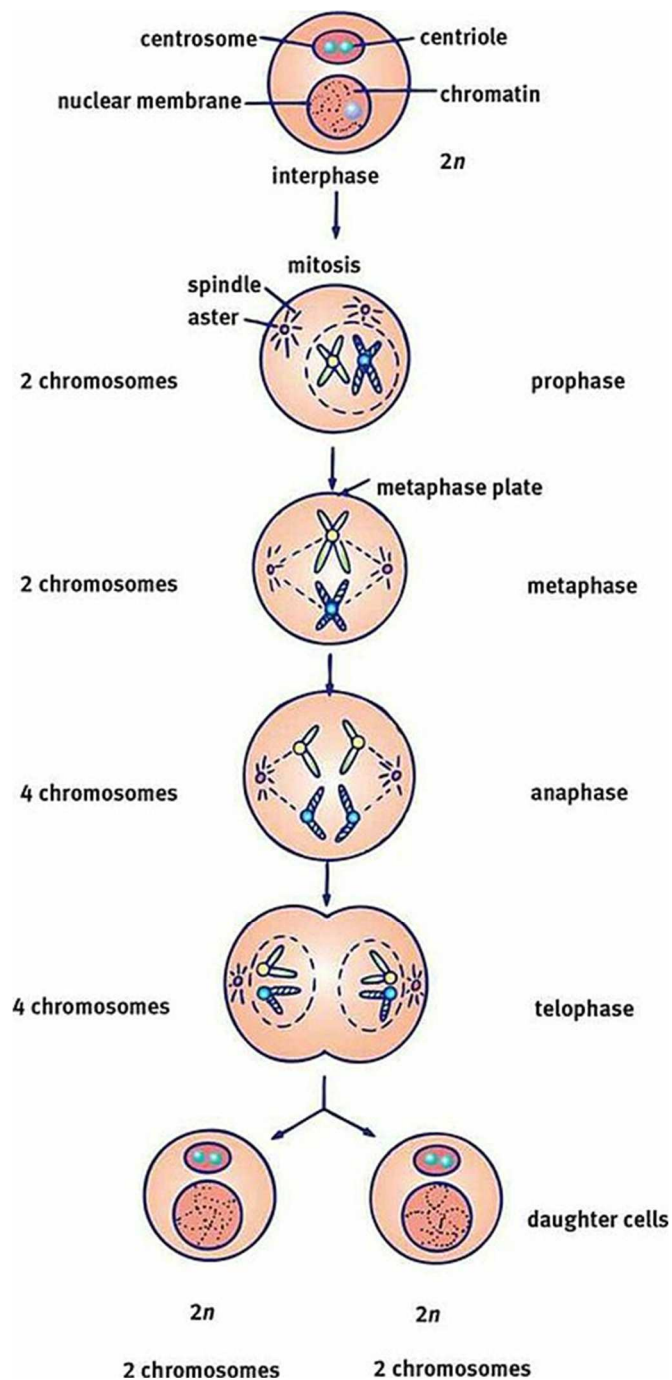
Základy buněčného metabolismu

- buněčný metabolismus je souhrn všech biochemických reakcí v buňce

- katabolismus (biodegradace) - ze složitých molekul se tvoří molekuly jednodušší, přičemž se uvolňuje energie (např. štěpení glukózy, rozklad tuků na mastné kyseliny atd.)
- anabolismus (biosyntéza) - tvorba nových, složitějších molekul z látek jednodušších, spotřebovává energii (tvorba zásob glykogenu a tuků, stavba membrán, tvorba proteinů z aminokyselin..)
- reakcí se účastní **enzymy** - bílkoviny umožňující určité reakce
- základem buněčného metabolismu je hospodaření s živinami
 - glukóza - jednoduchý cukr, při trávení vzniká ze složitějších sacharidů, dle potřeby mohou buňky:
 - rozkládat glukózu pro získání energie ve formě ATP
 - řetězit glukózu do zásobního glykogenu (hlavně játra a svaly)
 - mastné kyseliny - vznikají štěpením tuků z potravy, některé může tělo vyrobit, dle potřeby buňka:
 - opět může štěpit mastné kyseliny pro získání energie
 - zabudovávat je do zásobních tukových molekul
 - aminokyseliny - základní stavební kameny bílkovin (proteinů), v některých případech také mohou být využity jako zdroj energie

Buněčné dělení a apoptóza

- buňky se množí takzvaným buněčným dělením buněk kmenových
- nejprve dochází ke zdvojení molekuly DNA, poté se membrána a celá buňka protahuje do oválu, až se nakonec vprostřed zaškrtní a vznikají 2 dceřinné buňky
- k nejčastěji obnovovaným buněčným populacím patří povrchy sliznic a kůže
- staré, již opotřebované buňky zanikají v programovaném procesu zvaném apoptóza



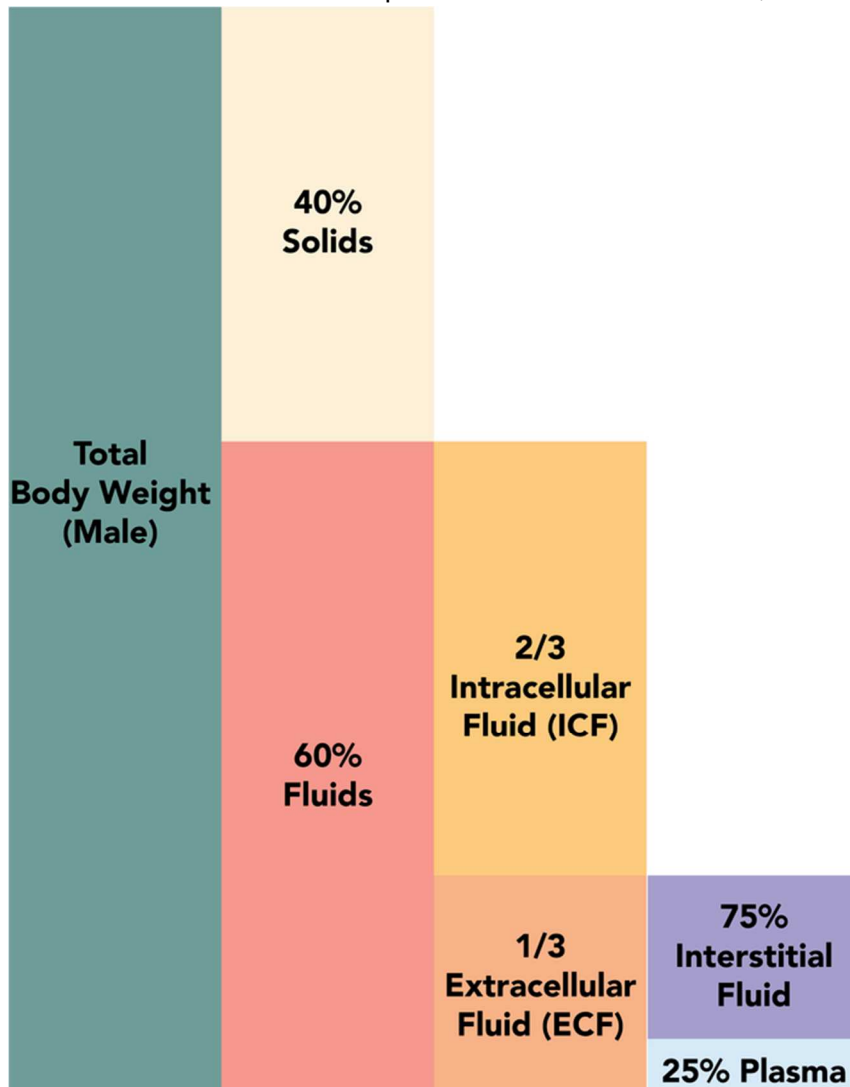
Schoolbag.info, CC BY-SA 4.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>>, via Wikimedia Commons

Tělní tekutiny

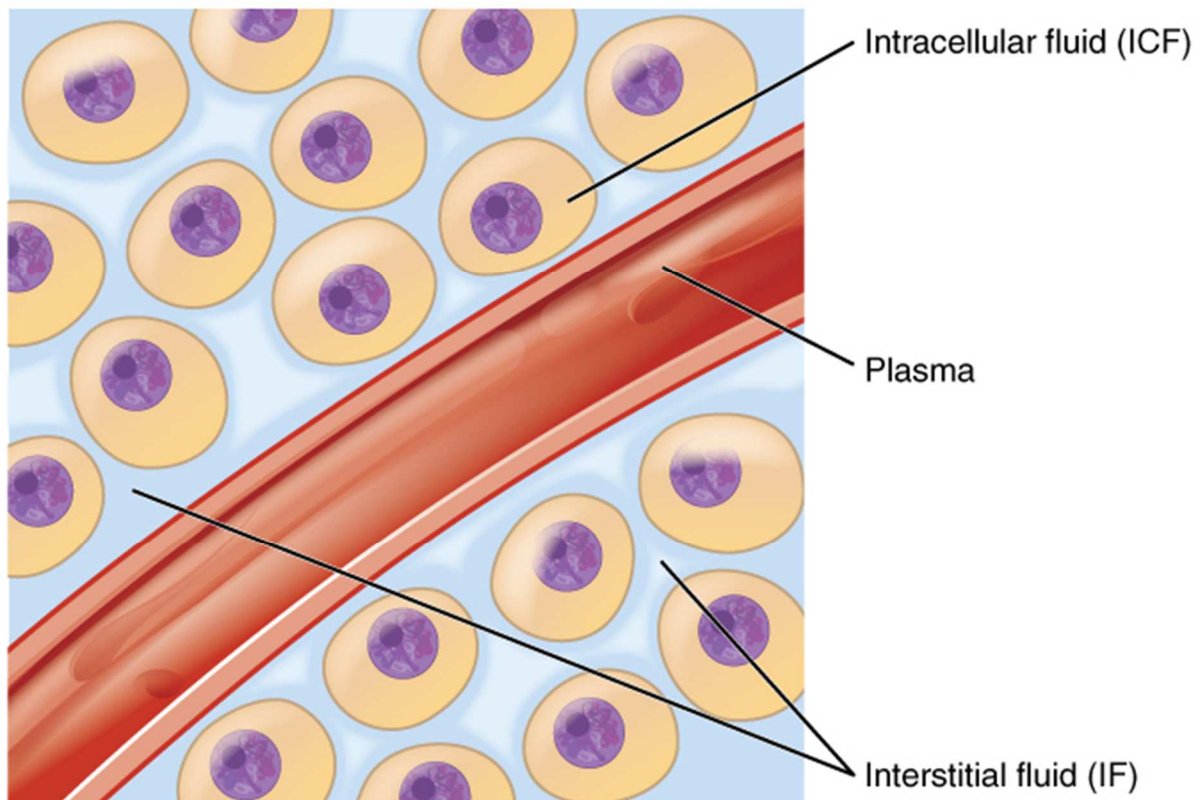
Úloha tekutin v organismu, kompartmenty

- jako tělní tekutiny označujeme různě řídké roztoky látek v těle
- fungují jako transportní médium pro živiny a odpadní látky, odehrávají se v nich některé důležité děje, dělíme je na:

- **intracelulární** (nitrobuněčnou) tekutiny - uvnitř buněk, oddělena membránou
- **extracelulární** tekutina (vně buněk), kterou dále dělíme na:
 - tkáňový mok - tekutina prostupující tkáněmi a obklopující buňky v celém těle; přivádí až k buňkám živiny a odvádí odpadní látky
 - krevní plasma - tekutá součást krve, viz dále



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/59/Fluid_composition_of_the_body_1.3.png



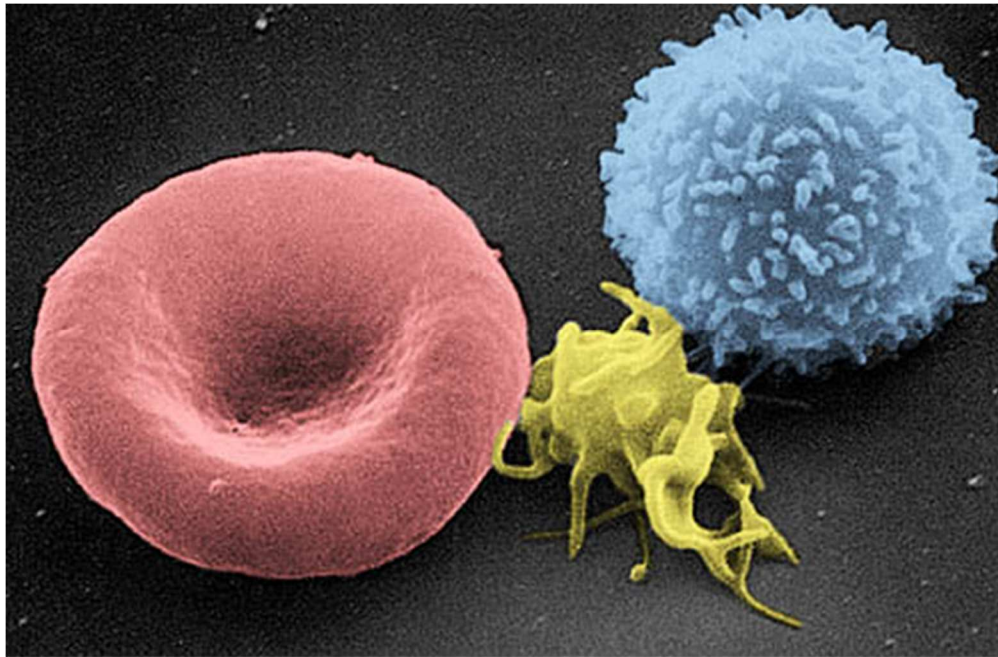
OpenStax College, CC BY 3.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0>>, via Wikimedia Commons

Složení extracelulární tekutiny

- tkáňový mok a plasma mají podobné složení minerálů (iontů), cukrů a dalších látek, největší rozdíl je v obsahu bílkovin, které se drží hlavně v cévách v plasmě
- krev se skládá z plasmy (asi 55%) a krevních elementů (buněk)
- krevní plasma je složena z
 - vody - 90% objemu
 - plasmatických bílkovin (albumin, protilátky, hormony), glukózy, volných mastných kyselin, vitamínů
 - rozpuštěných minerálních látek (iontů) - sodík, chlor, draslík, hořčík, železo..

Buněčná složka krve – erytrocyty, leukocyty, trombocyty

- krvinky jsou tvořeny v kostní dřeni



Erythrocyty - červené krvinky

- obsahují hemoglobin, molekulu uzpůsobenou k transportu krevních plynů
- transportují kyslík z plic do tkání a oxid uhličitý (CO₂) zpět do plic

Leukocyty - bílé krvinky

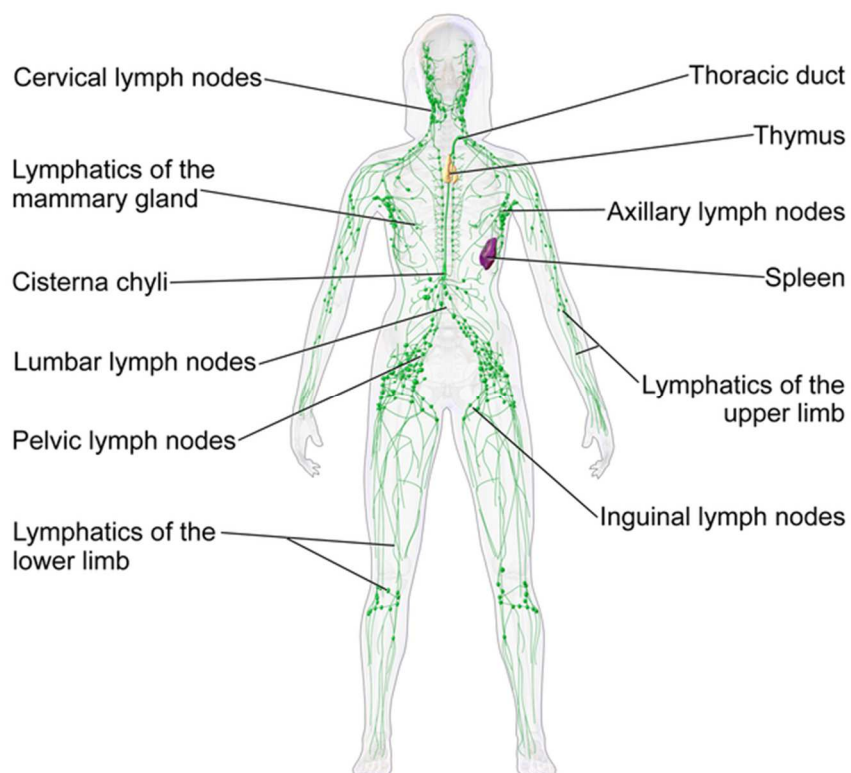
- buňky imunitního systému, např. lymfocyty, makrofágy apod..

Trombocyty - krevní destičky

- malé krevní elementy, hrající klíčovou úlohu při zástavě krvácení
- jsou se schopny agregovat v místě porušení cévní stěny a spustí další srážecí mechanismy

Lymfatický systém

- lymfatická neboli mízní soustava je systém lymfatických cév a lymfatických uzlin, kudy proudí tekutina označovaná jako lymfa
- lymfa vzniká resorpcí přebytečného tkáňového moku a je lymfatickými cévami skrz uzliny transportována do žilní krve
- v lymfatických uzlinách je mnoho buněk imunitního systému, které mají za úkol očistit lymfu od případných patogenů, než se vlije zpět do krve
- při nedostatečnosti lymfatického systému vznikají otoky, nejčastěji končetin



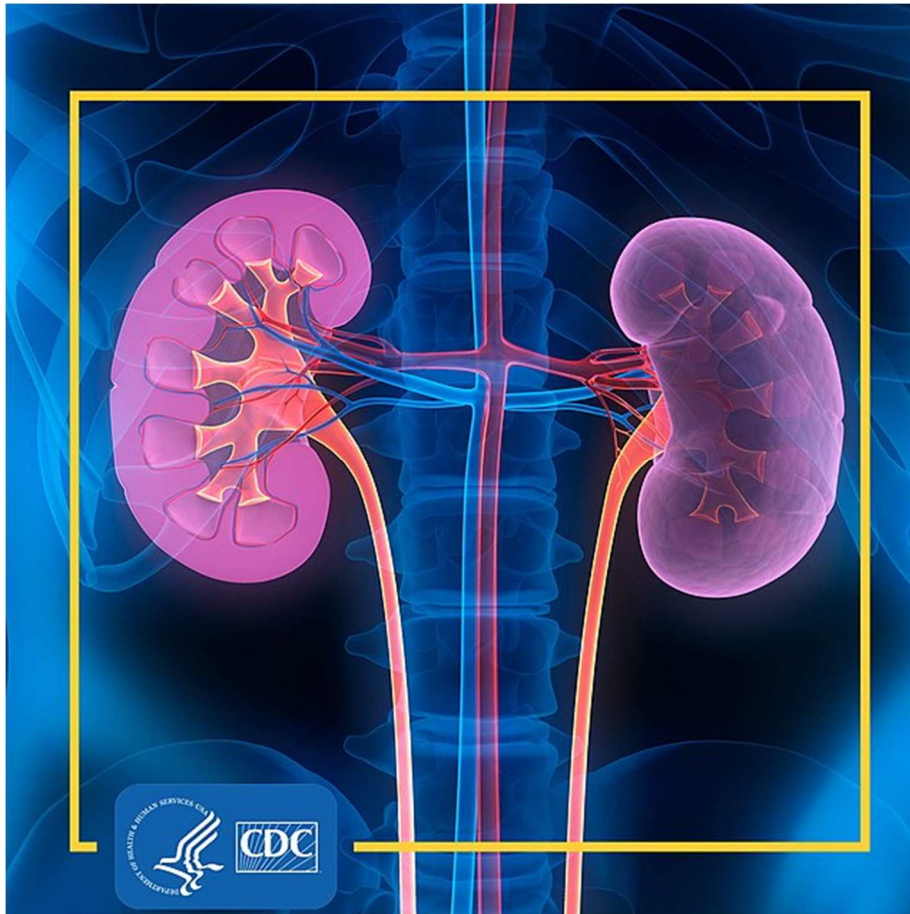
Blausen.com staff (2014). "Medical gallery of Blausen Medical 2014". WikiJournal of Medicine 1 (2). DOI:10.15347/wjm/2014.010. ISSN 2002-4436., CC BY 3.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>>, via Wikimedia Commons

Homeostáza

- schopnost udržovat stabilní vnitřní prostředí, i když se vnější podmínky mění
- homeostatické mechanismy udržují množství a složení extracelulární tekutiny, při kterém nejlépe fungují metabolické pochody
- v širším kontextu lze mluvit také o krevním tlaku, tělesné teplotě, okysličení atd.

Úloha ledvin

- ledviny jsou nejdůležitějším orgánem udržujícím homeostázu organismu
- funkčně se jedná o sofistikovaný filtr, který dokáže přesně regulovat množství a složení vytvořené moči a tím udržovat vhodné vlastnosti plasmy a tkáňového moku
- jejich funkce je částečně ovlivněna různými hormony, viz dále
- skrze složité mechanismy reguluje:
 - množství vody v organismu a tím nepřímo krevní tlak
 - koncentrace minerálů (iontů)
 - pH - kyselost organismu
 - množství červených krvinek - erythropoietin



Fyziologie řídicích systémů

Základní řídicí mechanismy, nervová a hormonální regulace

- základní řídicí mechanismy lidského těla dělíme na:
 - nervovou soustavu
 - endokrinní systém (systém žláz s vnitřní sekrecí) - hormonální regulace
- společně s množstvím receptorů a výkonnými orgány zajišťují homeostázu (vnitřní rovnováhu) organismu
- nervová soustava je z velké části popsána v modulu Anatomie B1, zde se budeme zabývat hlavně hormonální regulací

Hypothalamus a hypofýza

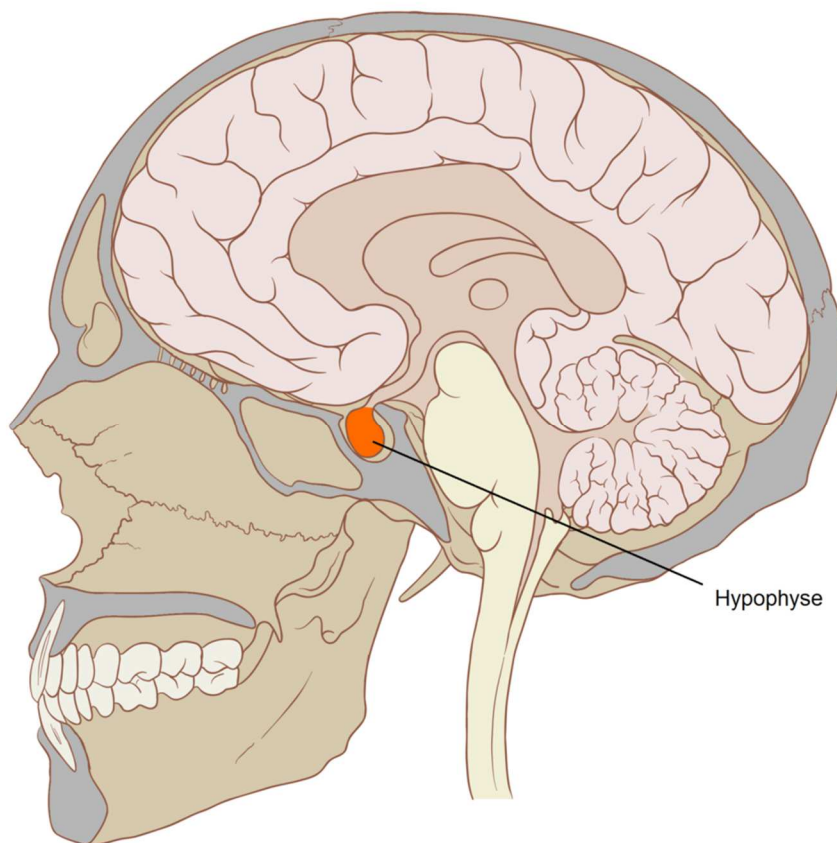
- tato hormonální osa zprostředkovává komunikaci mezi centrálním nervovým systémem a endokrinními orgány

Hypothalamus

- ústředním bodem endokrinní soustavy je **hypothalamus**, část mozku vyhodnocující množství podnětů přicházejících z celého těla a řídící hormonální systém a také autonomní nervový systém
- sladuje jednotlivé vnitřní orgány do komplexní odpovědi, např. připravuje organismus na fyzickou i psychickou zátěž
- hypothalamus obsahuje jednotlivá jádra, skrz které reguluje např.:
 - tělesnou teplotu
 - pocit hladu a žízně
 - cyklus spánku-bdění
 - emoce, paměť
- úzce spolupracuje s hypofýzou, která na něj anatomicky těsně naléhá
- odesílá do hypofýzy
 - tzv. *hypothalamické uvolňovací faktory*, kterými řídí produkci hormonů hypofýzou
 - hormony ADH (antidiuretický hormon) a oxytocin, které jsou hypofýzou pouze vyplavovány do krve

Hypofýza - podvěsek mozkový

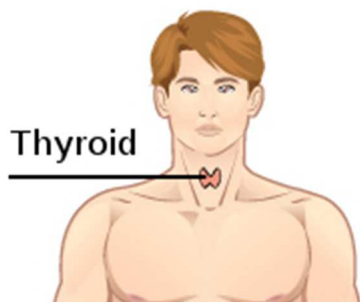
- funkčně i anatomicky propojená s hypothalamem, je jím přímo řízená
- produkuje a vypouští do krve množství hormonů, které dále ovlivňují činnost jednotlivých endokrinních orgánů, např.
 - kůry nadledvin - produkci kortisolu
 - štítné žlázy - produkci thyroxinu
 - jater - produkci růstového hormonu
 - pohlavních orgánů - produkci testosteronu, progesteronu a dalších pohlavních hormonů
- funguje zde tzv. zpětnovazebná regulace, kdy velké množství cílového hormonu v krvi blokuje tvorbu dalších látek stimulujících tvorbu daného hormonu



Autor: Patrick J. Lynch, medical illustrator – Image:Skull and brain sagittal.svg, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2893765>

Hormony štítné žlázy - thyroxin

- regulují tzv. **bazální metabolismus buněk** - základní aktivita buněk, téměř nezávislá na akutních okolnostech - určuje např. množství spotřebovávané energie, přestavbu kostí, tělesnou váhu, pocit dostatku/nedostatku energie atd.
- **při jejich nedostatku tělo zpomaluje všechny procesy, dochází k únavě, nabírání na váze, zimomřivosti, atp. - toto onemocnění je typické pro mladé dívky (při prudkém zvýšení tělesné hmotnosti nutno kontaktovat lékaře!!!)**
- aktivita štítné žlázy je ovlivňována činností hypofýzy



By CFCF - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=41006760>

Funkce nadledvin v akutní a chronické stresové reakci

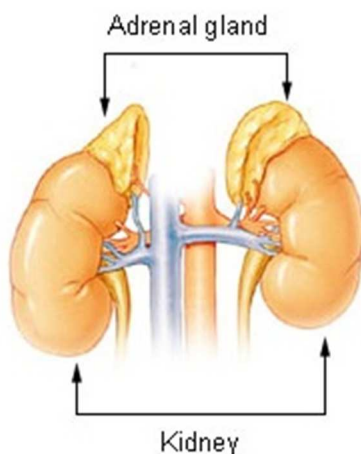
- nadledviny (anglicky adrenal glands) jsou endokrinní orgán složený ze 2 funkčních částí

Dřeň nadledvin

- produkuje hormony **adrenalin** a noradrenalin
- tyto hormony jsou důležité při **akutní stresové reakci** - tzv. uteč nebo boj - účinky podobné sympatickému nervovému systému (viz dále)
- zvyšují srdeční frekvenci, roztahují cévy ve svalech, uvolňují dýchací cesty, zvyšují glykémii

Kůra nadledvin

- produkuje **kortikoidy (kortisol, aldosteron..)**
- udržují **krevní tlak a glykémii**, při **chronickém stresu** je jejich vyplavování přehnané a proto tlak a glykémie stoupají
- kortisol má **protizánětlivé účinky** (hlavně ve vyšších množstvích), proto jsou kortikoidy využívány **farmakologicky jako imunosupresiva** (látky potlačující autoimunitní choroby, např. ekzémy, astma, revmatoidní artritida apod.)



Hormony pankreatu - slinivky břišní

- slinivka má 2 funkční části
 - exokrinní - vnější sekrece trávicích šťáv do tenkého střeva
 - endokrinní - vnitřní sekrece hormonů ovlivňujících metabolismus

Inzulin a glukagon

- hormony pankreatu regulující energetický metabolismus, hlavně glykémii (plazmatickou koncentraci glukózy)
- **inzulin** snižuje glykémii tím, že stimuluje spotřebu glukózy a její zabudovávání do tkání, vyplavuje se po jídle
- glukagon zvyšuje glykémii a působí tedy proti inzulinu

Diabetes mellitus - cukrovka

- onemocnění charakterizované vysokou glykemií a dalšími metabolickými poruchami
- způsobena problémem s hormonem inzulinem a to:
 - **nedostatečnou tvorbou** inzulinu - **Diabetes 1. typu**, typicky začínající v dětském věku - destrukce částí slinivky autoimunitním mechanismem
 - **nedostatečnou odpovědí tkání na inzulin** - **Diabetes 2. typu**, typicky u starších lidí s nadváhou (tzv. metabolickým syndromem)
- **Cukrovka 1. typu** je léčena **náhradou inzulinu**, buďto v inzulinových **perech** nebo inzulinovou **pumpou**
 - **tito lidé musí dodržovat přesný režim dávek inzulinu před jídlem a hrozí jim riziko hypoglykémie (nedostatku cukru v krvi, nejčastěji pokud si píchnou inzulin a potom se nenajedí/mají velkou námahu)**
 - **je tedy nutné v náročném tréninku upravovat inzulinový režim!**

Androgeny (steroidy)

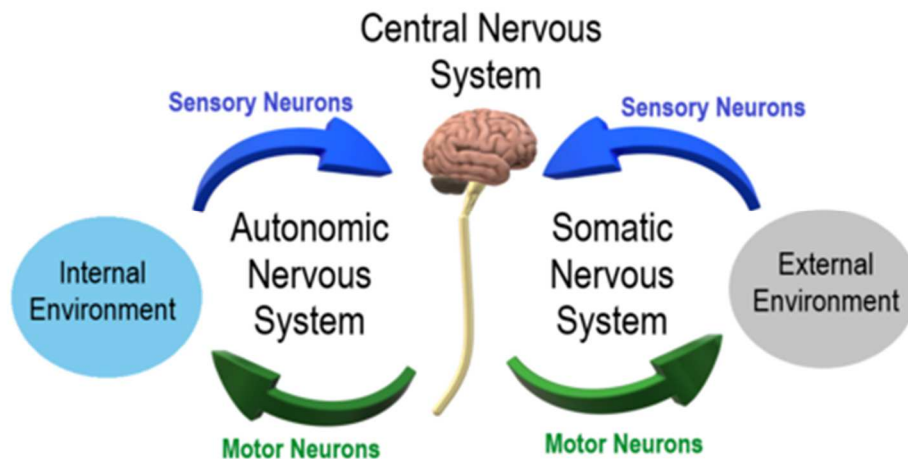
- androgeny jsou steroidní pohlavní hormony vyráběnými ve varlatech (u mužů) a v kůře nadledvin (u mužů i u žen)
- hlavním mužským androgenem je **testosteron**
 - má nepostradatelnou funkci v embryonálním období, kde **určuje pohlaví plodu**
 - v dětství jeho hladiny klesají
 - v **pubertě** dojde opět k nárůstu hladiny testosteronu a tvorbě **tzv. sekundárních pohlavních znaků** (ochlupení, mutace, vznik spermatu, mužské chování)
 - svými **anabolickými účinky podporuje tvorbu bílkovin, růst svalů a kostí**
 - **jeho použití v dopingu má mnohé neblahé účinky na psychický a fyzický stav jedince!!!**

Erythropoietin (EPO)

- hormon **podporující tvorbu červených krvinek**
- je vyráběn v ledvinách a putuje do kostní dřeně, kde stimuluje tvorbu a vyplavování červených krvinek
- jeho tvorba je **aktivována nedostatkem kyslíku**, proto sportovci trénují ve vyšších nadmořských výškách, kde je menší atmosférický tlak kyslíku
- je také **zneužíván jako doping**, zmnožené červené krvinky přepravují více kyslíku, ale také více **zahušťují krev a může dojít k mrtvicím a infarktům!!!**

Autonomní nervový systém

- ANS (autonomní nervový systém), též vegetativní nervová soustava zajišťuje přenos signálu mezi centrálním nervovým systémem (mozek, mícha) a tkáněmi s mimovolní aktivitou - tj. vnitřní orgány, cévy, srdeční a dechová frekvence atd.
- ANS dělíme na 2 složky
 - **sympatikus** - účinek podobný hormonu adrenalinu
 - aktivuje reakci boj/útěk (fight or flight), při výkonu ke tedy do určité míry žádoucí aktivace sympatiku, viz dále
 - **parasympatikus** - opačný účinek
 - snižuje srdeční a dechovou frekvenci, aktivuje pohyby střev, zvětšuje prokrvení trávicích orgánů, slinění atd.
 - důležitý pro regeneraci, doplnění živin, spánek



Christinelmiller, CC BY-SA 4.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>>, via Wikimedia Commons

Fyziologie kardiovaskulárního systému

Převodní systém srdeční

- anatomie převodního systému byla popsána v modulu Anatomie
- k tvorbě vzruchu v síňovém uzlu dochází spontánně a tento aktivační signál se dále šíří po celém srdci a určuje tím srdeční frekvenci (počet stahů za minutu)
-

Tepová frekvence

- klidová srdeční frekvence se pohybuje u zdravého člověka mezi 60 a 90 tepy za minutu
- ANS (autonomní nervový systém) ovlivňuje srdeční frekvenci následovně

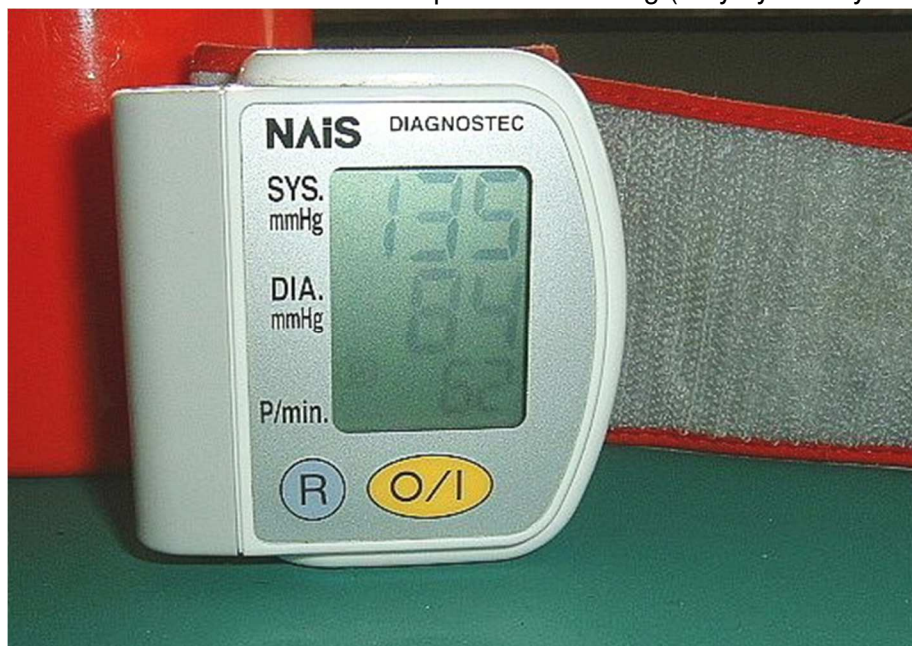
- sympatikus, v rámci reakce boj/útěk, zrychluje tepovou frekvenci, což do určité míry vede ke zvýšení srdečního výdeje
- parasympatikus uklidňuje tělo a snižuje tepovou frekvenci

Arytmie

- při vadné tvorbě nebo převodu vzruchů dochází ke změně v rytmu nebo výkyvům frekvence mimo fyziologické rozmezí
- arytmie se mohou projevovat nepříjemným bušením srdce (palpitace), případně i ztrátou vědomí
- pro ozřejnění problému je třeba provést EKG vyšetření, které určí typ poruchy a její závažnost, některé mohou vyústit ve srdeční zástavu!
- arytmie mohou vznikat pouze při/po zátěži, u těchto jedinců je vhodné provést zátěžové EKG

Krevní tlak a jeho determinanty

- krevní tlak je tlak, který působí na stěnu tepen v cévním řečišti
- je dán:
 - minutovým srdečním výdejem
 - objemem a elasticitou krevního řečiště
 - objemem kolující krve
- jeho určitá hodnota je důležitá pro prokrvení orgánů a tkání, příliš vysoký tlak (**hypertenze**) poškozuje stěnu cév, což má pro organismus mnohé nežádoucí následky
- měříme tlak:
 - systolický - nejvyšší tlak, v momentě stlačení srdce (systola)
 - diastolický - nejnižší naměřený tlak - těsně před dalším stahem srdce
 - zaznamenáme např. 120/80 mmHg (tedy systolický/diastolický)



Srdeční výdej a jeho determinanty, krevní tlak, periferní rezistence

Řízení srdečního výdeje v zátěži

- srdeční výdej je dán množstvím krve, které srdce vypumpuje za minutu
- závisí na tepové frekvenci a tepovém objemu (plnění komor, kontraktilita srdce)
- **při zátěži** sympatikus, adrenalin, a svalová kontrakce vyvolá zvýšení žilního návratu do srdce
- zároveň sympatikus zvýší tepovou frekvenci a srdeční kontraktilitu, tedy sílu kontrakce srdečního svalu
- tím dojde ke zvýšení srdečního výdeje a zvýšené cirkulaci krve ve tkáních

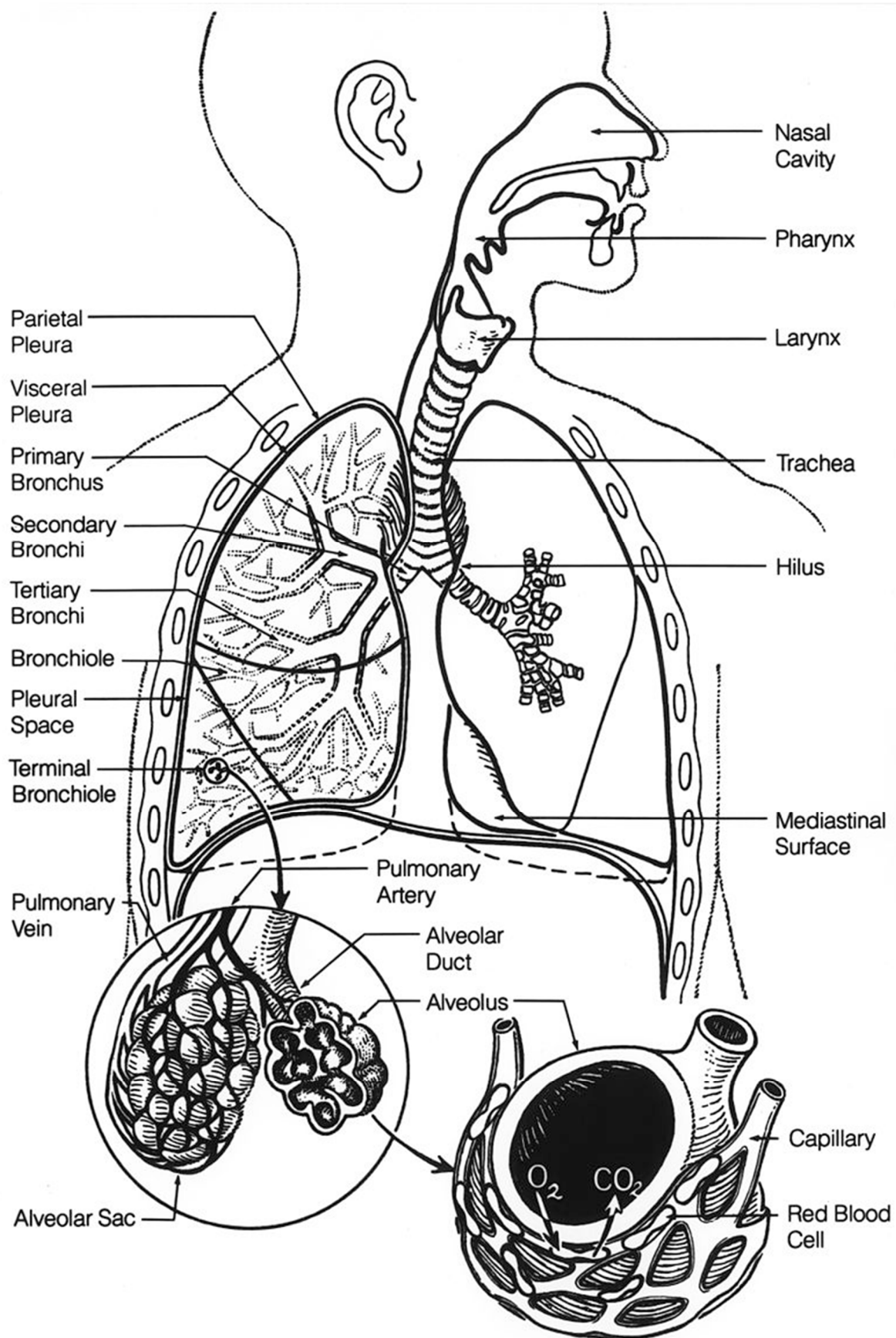
Koronární řečiště, ischemická choroba srdeční

- koronární (věnčité) tepny jsou malé tepny odstupující z aorty a zásobující myokard
- jsou místy častého výskytu aterosklerózy (kornatění tepen, ukládání tuků do poškozené cévní stěny)
- ateroskleróza vede k postupnému uzavírání koronárních tepen a ischemii (nedokrvení) myokardu, což se projeví jako bolest na hrudi při námaze a později také v klidu
- při úplném uzávěru koronární tepny vzniká **infarkt myokardu**

Fyziologie dýchacího systému

Dýchací cesty

- soustava dutin a trubic, které přivádějí vzduch do plic
- dělíme je na
 - horní dýchací cesty (nos, dutina nosní, vedlejší dutiny, nosohltan)
 - dolní cesty dýchací (hrtan, průdušnice, průdušky, plíce)
- jsou vystlány sliznicí s řasinkami, které svým pohybem posouvají vdechnuté částice a hlen směrem ven, čemuž může mechanicky pomoci kašel a kýchání
- stěna průdušek je zpevněna prstenčitými chrupavkami, aby nedošlo ke kolapsu dýchacích cest při výdechu



Plíce

- párový dýchací orgán umístěný v hrudní dutině, pravá plíce se skládá ze 3 laloků, levá pouze ze 2
- na povrchu plic je vazivová blána (**poplicnice, pleura**), která plynule přechází na hrudní stěnu, kde tvoří **pohrudnici**
 - mezi těmito blánami (listy pleury) vzniká **pohrudniční dutina (pleurální dutina)**
 - v této dutině je udržován negativní tlak, který se zvýrazňuje při roztažení hrudníku, čímž jsou plíce při nádechu roztahovány
 - při poranění pleury a proniknutí vzduchu dovnitř se plíce smrští, kvůli nedostatečnému podtlaku a vzniká **pneumotorax**
- základní funkční jednotkou plic jsou **plicní sklípky - alveoly**
 - jedná se o dutinky, jejichž stěna naléhá na plicní kapiláry (vlásečnice - malé, prostupné cévy), dohromady mají obrovský povrch (až 100 m²)
 - zde probíhá výměna plynů mezi vzduchem a krví na tzv. **alveolokapilární membráně**

Mechanismus dýchání

Dýchací svaly

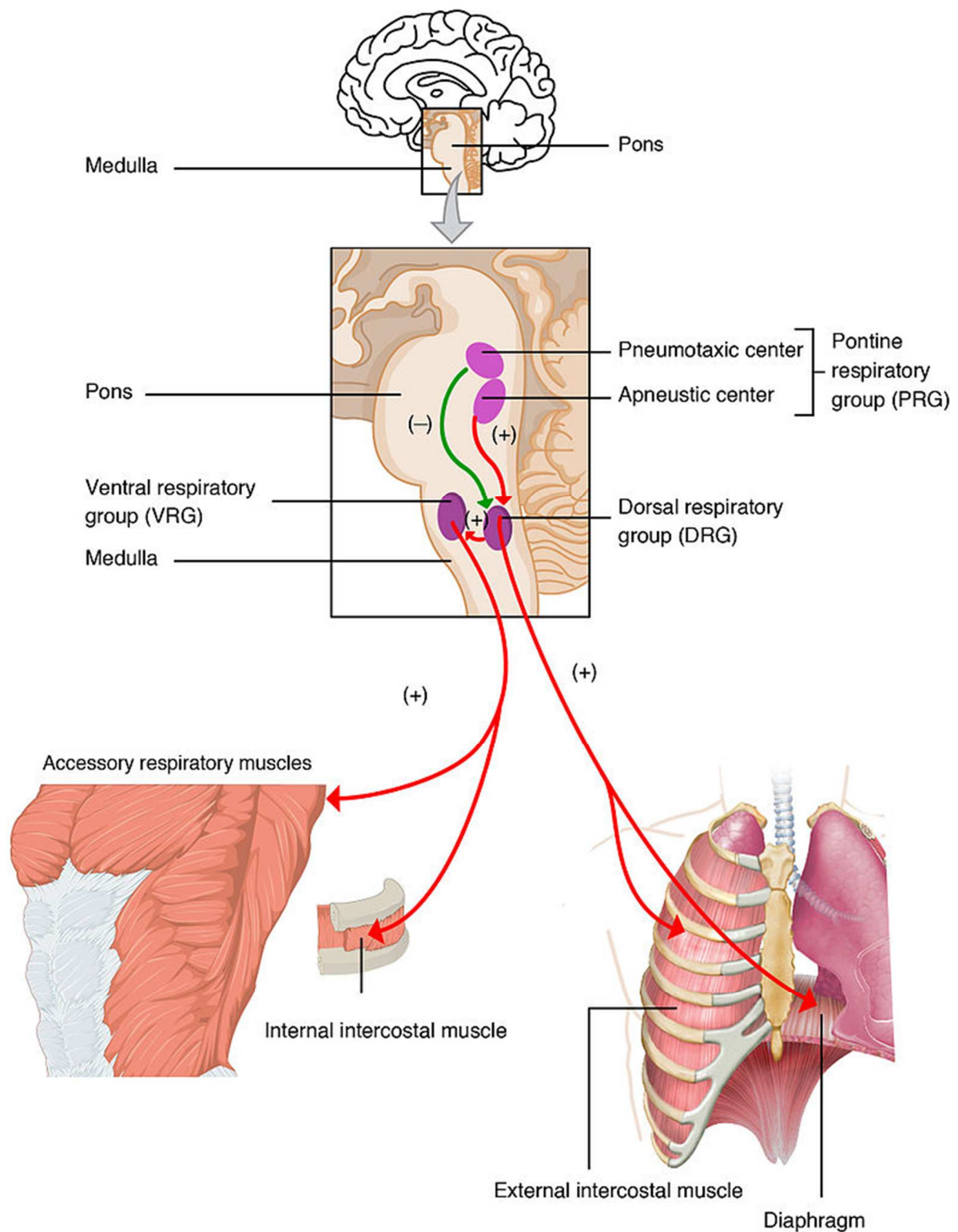
- úkolem dýchacích svalů je zajišťovat vdech a výdech
- hlavním dýchacím svalem je bránice, důležité jsou také mezižeberní svaly
- dále existuje skupina pomocných dýchacích svalů, zapojujících se při zvýšené námaze (svaly ramenního pletence, m. serratus anterior, krční svaly, břišní svaly)

Mechanika dýchání

- nádech probíhá díky zvětšování objemu hrudního koše nádechovými svaly, vzniklý podtlak je přenesen na plíce, které rozpínání hrudníku pasivně následují, vzduch je nasáván dovnitř
- při výdechu dochází k postupnému povolování nádechových svalů a elastickému stažení plic zpět do původního objemu, vzduch je vypuzen ven

Regulace dýchání

- dýchací mechanismy jsou řízené a koordinované centrálním nervovým systémem na základě vyhodnocení koncentrace krevních plynů v těle
- člověk je schopen do určité míry dýchání ovlivnit vůlí
- míra výměny vzduchu v plicích (ventilace) závisí na
 - hloubce dýchání (dechového objemu) - v klidu kolem 0,5l, v námaze až 5l
 - dechové frekvenci - v klidu asi 15 vdechů/min, v námaze až cca 50/min
 - minutová ventilace je tedy součinem dechového objemu a frekvence dýchání

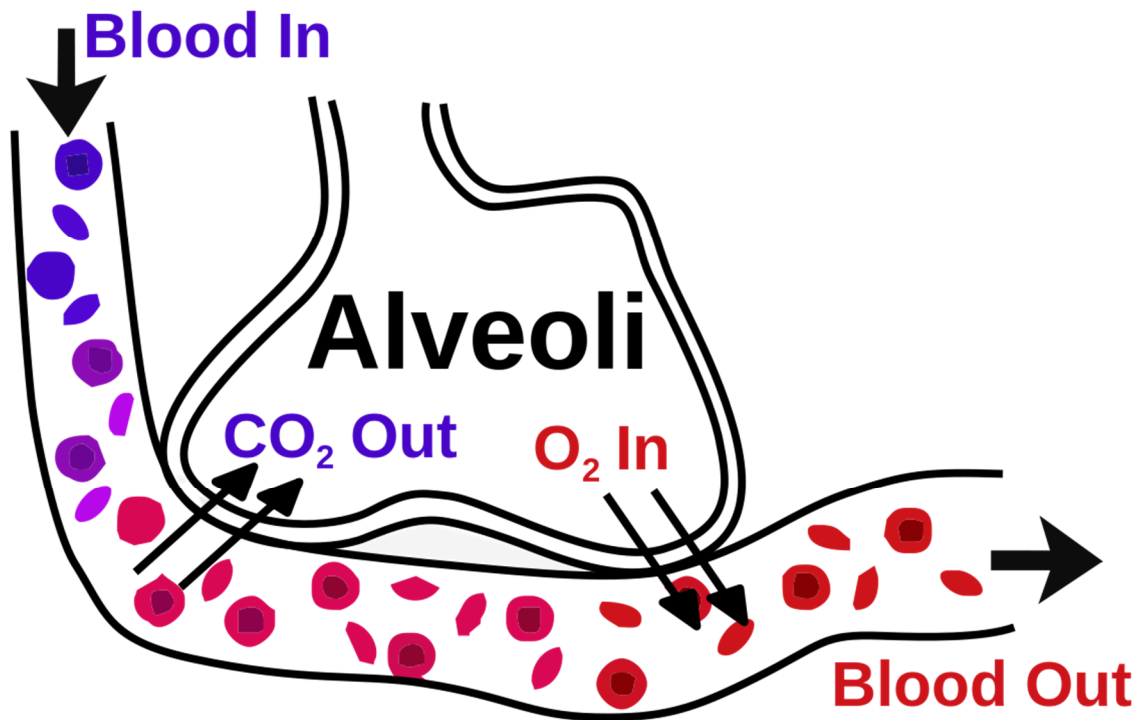


By OpenStax College - Anatomy & Physiology, Connexions Web site. <http://cnx.org/content/col11496/1.6/>, Jun 19, 2013., CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=30148399>

Proces výměny plynů

- plicní dýchání (tzv. vnější) - výměna plynů na alveolokapilární membráně
 - dochází k přestupu plynů (kyslíku a oxidu uhličitého) přes stěnu plicních sklípků do krevního řečiště a zpět po koncentračním spádu

- v krvi dojde k navázání kyslíku na hemoglobin v červených krvinkách, poté je transportován do tkání
- vnitřní dýchání (tkáňové, buněčné) - výměna plynů mezi krví a tělními buňkami
 - buňky potřebují kyslík k získávání energie při rozkladu glukózy a dalších látek
 - při těchto metabolických dějích buňka produkuje oxid uhličitý (CO_2), který vypouští do krve
 - odpadní oxid uhličitý je poté transportován krví do plic, kde přechází do vydechaného vzduchu



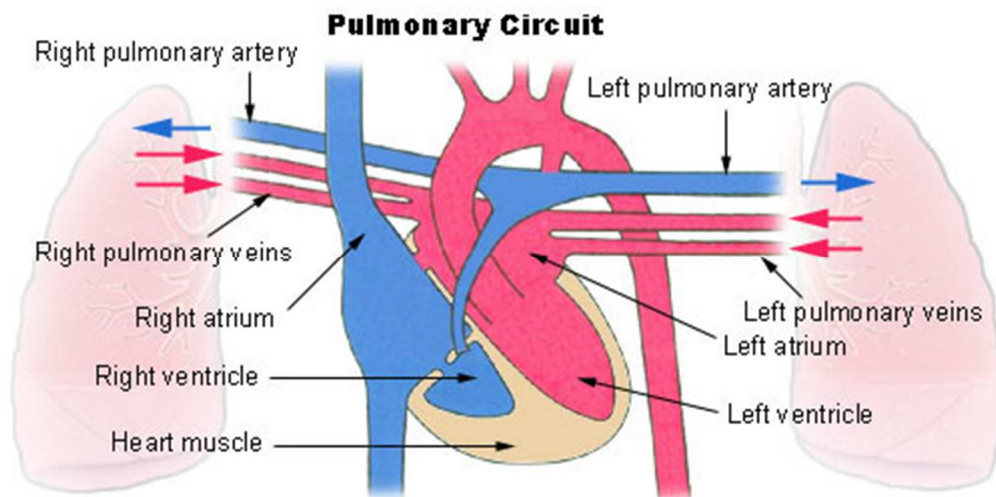
helix84, CC BY-SA 3.0 <<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>>, via Wikimedia Commons

Dýchání v zátěži

- při zvýšené práci **svalový aparát vyplavuje velké množství oxidu uhličitého CO_2** , který je potřeba co nejrychleji vydýchat
- dechové centrum v prodloužené míše registruje množství CO_2 v krvi a při jeho zvýšení **navyšuje dechovou frekvenci a také dechový objem**
- kromě toho **aktivací sympatiku dojde k rozšíření dýchacích cest**, což nadále zvětšuje dechové objemy
- od určitého dechového objemu není jedinec schopen dýchat nosem a začíná dýchat ústy

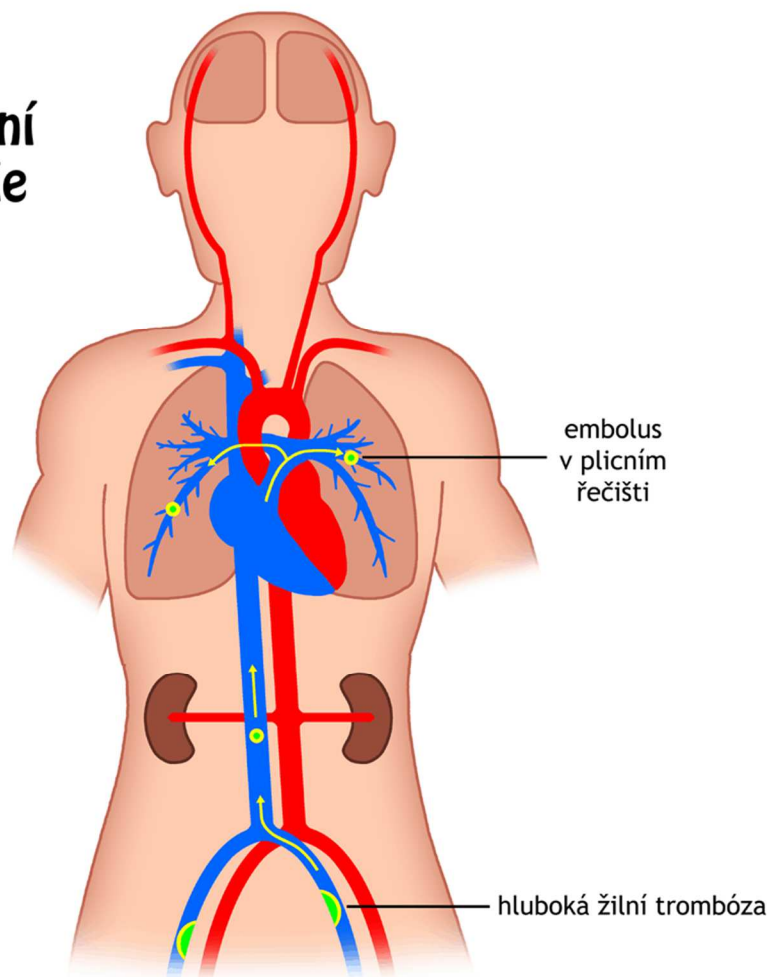
Plicní cévní řečiště (malý oběh), plicní embolie

- z pravé srdeční síně vede plicní tepna neokysličenou krev plnou CO_2 do plic, kde se rozvětví až na malé kapiláry
- dojde k výměně plynů přes alveolokapilární membránu
- zpět z plic plicními žilami vede již okysličená krev do levých srdečních oddílů a následně je vypumpována aortou do velkého oběhu



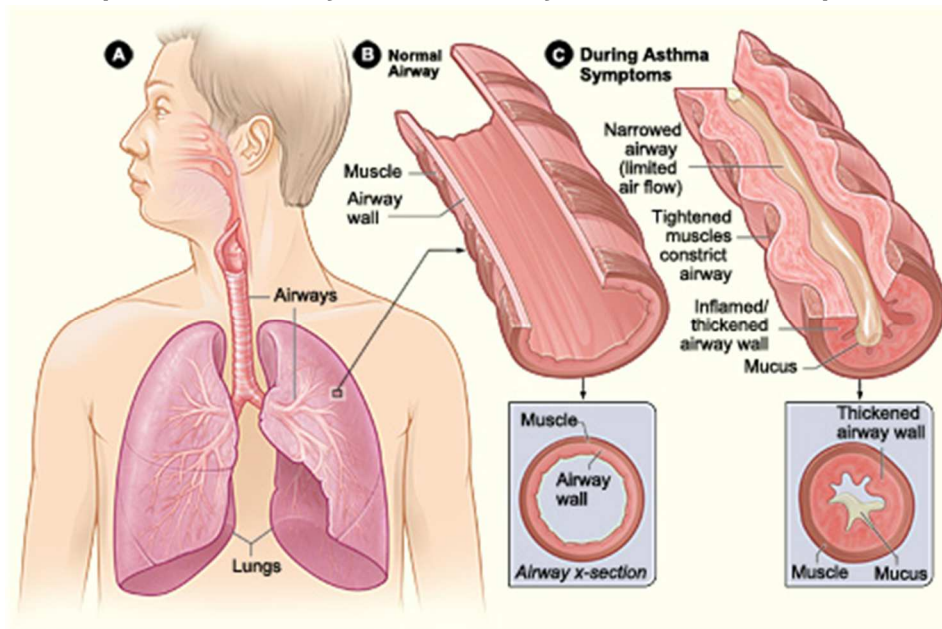
- při **uzávěru plicní tepny** (nejčastěji **krevní sraženinou** utrženou z hlubokého žilního systému dolních končetin **při trombóze**), dochází k infarktu (odumření tkáně) části plicí a zablokování průtoku krve malým oběhem
- tento jev nazýváme **plicní embolie** a **jedná se o život ohrožující stav**
- **projevuje se náhlou dušností, poklesem tlaku, případně bolestí na hrudi**

periferní embolie



Asthma bronchiale

- astma je chronické zánětlivé onemocnění dýchacích cest
- často začíná v dětském věku a trvá po celou dobu života jedince
- příčinou je přehnaná **zánětlivá odpověď dýchacích cest** na vnější podněty (prachové částice, pyl apod.), zánět se pojí se **ztuštěním stěny průdušek a jejich spasmům** (křečím), které brání normálnímu proudění vzduchu
- příznaky jsou kašel, sípání a neschopnost vydechnout vzduch z plic
- astmatici vdechují **protizánětlivé látky z tzv. inhalátorů**, většinou se daří onemocnění tímto držet pod kontrolou
- při akutním zhoršení mohou použít tzv. úlevové inhalace, roztahující stažené dýchací cesty
- **astmatický záchvat**, tedy prudké zhoršení stavu s neschopností dýchat může vzniknout náhle, proto je potřeba o astmatu svěřence vědět a **rychle reagovat** podáním úlevových inhalací a vyhledáním lékařské péče



- sacharidy (karbohydráty) - složeniny z jednoduchých cukrů, které se před vstřebáním musí v trávicí dutině rozštěpit na jednotlivé cukry (např. glukózu)
- tuky - jejich trávení pomáhají žlučové kyseliny
- proteiny (bílkoviny)
- vitamíny, minerály, voda

Energetický metabolismus

- **metabolismus** (z řeckého *metabolē* – změna) neboli látková výměna, je **souborem všech chemických reakcí probíhajících v organismu**. Dochází při nich k přeměně živin, většinou za hormonální regulace a pomoci enzymů.
- metabolické reakce můžeme obecně rozdělit na reakce **anaboličné (vzniká složitější molekula)** a **kataboličné (rozkladné)** (viz výše, buněčný metabolismus)

- pro život je nutná neustálá **regenerace makroergních sloučenin** (sloučenin s vysokoenergetickými vazbami) sloužících jako zdroj volné energie pro průběh tělních pochodů.

ATP, jeho vznik a využití buňkou

- molekula ATP (adenosintrifosfát) je vysokoenergetická molekula dobře využitelná v buněčných procesech, proto většina buněčného katabolismu končí výrobou ATP, které je poté využito
- nejvíce ATP vzniká při oxidativním metabolismu, tj. za přístupu kyslíku, viz dále
- mezi molekuly, které buňky umí využít ke tvorbě ATP patří:
 - mastné kyseliny - nejvíce energie, vznikají rozkladem tuků
 - glukóza - např. mozek pracuje téměř výhradně na dodávce glukózy
 - v těle je glukóza tvořena rozkladem zásobního glykogenu, rovnou využita z potravy nebo vyrobena z jiných látek
 - aminokyseliny, tj. součásti bílkovin - při vyčerpání ostatních možností tělo začne rozkládat proteiny

Glykémie

- koncentrace glukózy v krvi se nazývá glykémie a za normálních podmínek nevybočuje z fyziologického rozmezí, což je řízeno hormony (inzulin, glukagon)
- příliš nízká glykémie (**hypoglykémie**) nastává při velkém vyčerpání organismu
 - mozkové buňky bez glukózy neumí vytvořit dostatek energie - malátnost, až bezvědomí
- příliš vysoké hodnoty jsou typické pro cukrovku (diabetes) a značí poruchu metabolismu

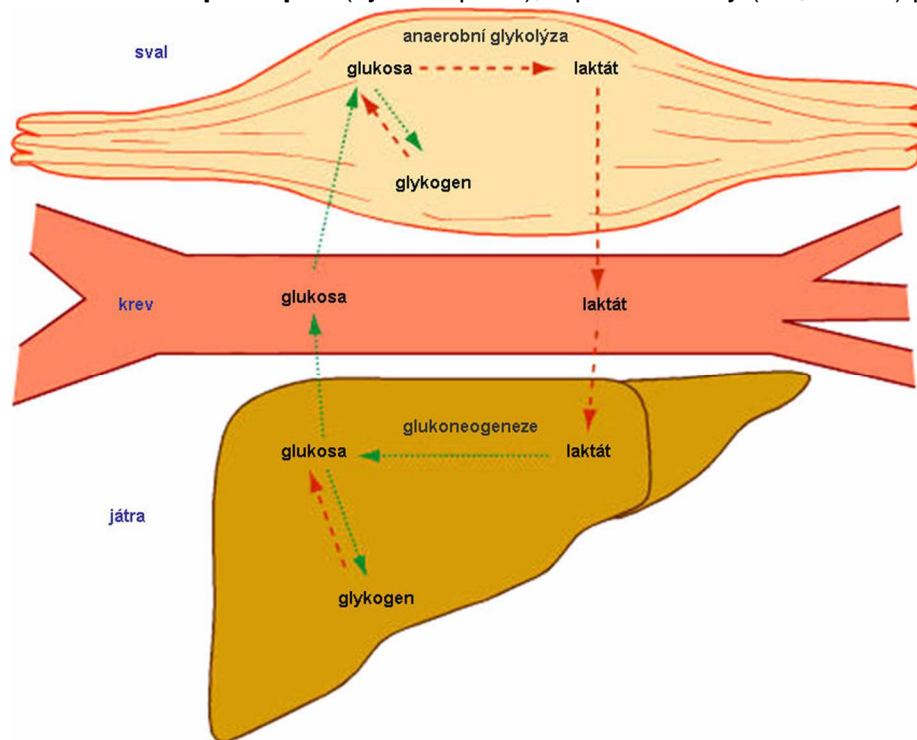
Formy skladování energie

- dlouhodobou zásobou energie v organismu je tuková tkáň
- na kratší dobu jsou využívány zásoby glykogenu
 - v játrech - pro pochody celého těla
 - svalový glykogen - zásoba pro činnost svalů
- tělo umí pro tvorbu glukózy použít také aminokyseliny (části bílkovin), při velkých zátěžích může docházet k úbytku svalové hmoty

Aerobní a anaerobní metabolismus, úloha laktátu

- při **dostatečné dodávce kyslíku** buňky tvoří ATP úplným rozkladem molekul (např. glukózy) až na CO₂ a vodu - tzv. **aerobní metabolismus**
- při **nedostatku kyslíku** přechází buňky na tzv. **anaerobní metabolismus** glukózy, při kterém **vzniká** kyselá, stále vysokoenergetická molekula zvaná **laktát a poměrně málo ATP**

- laktát se při delší námaze nahromadí ve svaích a způsobuje společně s dalšími látkami typickou bolest svalů po výkonu
- při dostatečné cirkulaci krve a lymfy ve svaích se přebytečný laktát odplaví a je opět využit pro tvorbu energie již za přítomnosti kyslíku
 - proto je **nutné po výkonu zajistit dostatečné prokrvení - končit trénink postupně** (výklus apod.), tepelné změny (led, sauna) pomáhají prokrvení



Autor: PatríciaR – modified CoriCycle-noLang.svg, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4278111>

Metabolismus svalu

- svalová tkáň je významným konzumentem živiny a kyslíku
- významně závisí na tom, jak intenzivně sval pracuje, při intenzivní zátěži jen kosterní svaly spotřebují 60% celkové spotřeby kyslíku
- pro svalové buňky je současně typické, že dokážou určitou dobu efektivně fungovat **bez dodávek kyslíku – anaerobně**

Zdroje energie ve svalové tkáni

- v cytoplasmě svalu je zásoba ATP na cca 1 sekundu pohybu, poté je ATP doplňováno z následujících zdrojů:
 - **kreatinfosfát** (typicky svalová vysokoenergetická molekula, schopná rychlé přeměny na ATP)
 - **svalový glykogen** - je rozkládán na glukózu a následuje aerobní nebo anaerobní výroba ATP, doplňuje se při odpočinku
 - živiny z cirkulace - **glukóza, volné mastné kyseliny**
 - rozvětvené aminokyseliny (**BCAA** - valin, leucin, isoleucin (z cirkulace a později i přímo z bílkovin svalu))

Anaerobní práh

- aerobní práh je míra intenzity zátěže, při které organismus postupně přechází z **aerobního metabolismu** využívající kyslík k tvorbě ATP na **anaerobní metabolismus**
- **při anaerobním metabolismu vzniká obrovské množství kyselých látek, které tělo převede na CO₂ a vydýchá**

Typy svalových vláken

- vlákna kosterních svalů lze rozdělit na 2 typy - červená a bílá:

Červená svalová vlákna - pomalá vlákna 1. typu

- probíhá v nich energeticky výhodnější aerobní metabolismus
- to je podmíněno **bohatým cévním zásobením, zásobou kyslíku a vysokým výskytem mitochondrií**
- zaměřují se převážně na **aerobní zátěž** (např. cyklistika, plavání, maratónský běh, udržení tonu – osově zádoné svaly)
- jejich hlavním energetickým zdrojem je **oxidace mastných kyselin** za přítomnosti kyslíku
- **s intenzitou zátěže ale stoupá energetická závislost na sacharidech.**

Bílá svalová vlákna - rychlá vlákna 2. typu

- schopna rychlé kontrakce
- v bílých svalových vláknech se většina ATP generuje v **anaerobních procesech (anaerobní glykolýza)**
- tato vlákna totiž vykazují **horší cévní zásobením a nižší obsah kyslíku i mitochondrií** (v porovnání s červenými vlákny)
- jsou naopak **bohatá na molekuly glykogenu a enzymy glykolýzy**
- proto se většinou uplatňují pro **mohutnou a rychlou**, ale současně **krátkou kontrakci**, která může probíhat za **anaerobních podmínek**
- při anaerobní glykolýze (rozkladu glukózy bez kyslíku) vznikající **laktát se kumuluje ve svalu** a podmiňuje **bolest** a svalovou **únavu**
- proto jsou ideální pro zátěž, kterou lze vykonat „na jeden nádech“, jako je skok, vzpírání či sprint
- naše kosterní svaly jsou převážně tvořeny jak z červených, tak i z bílých svalových vláken. Jejich zapojení závisí na dodávce kyslíku – anaerobní a aerobní metabolismus se střídá podle intenzity a délky svalové zátěže. V některých svaích naopak převažuje jen jeden typ vláken.

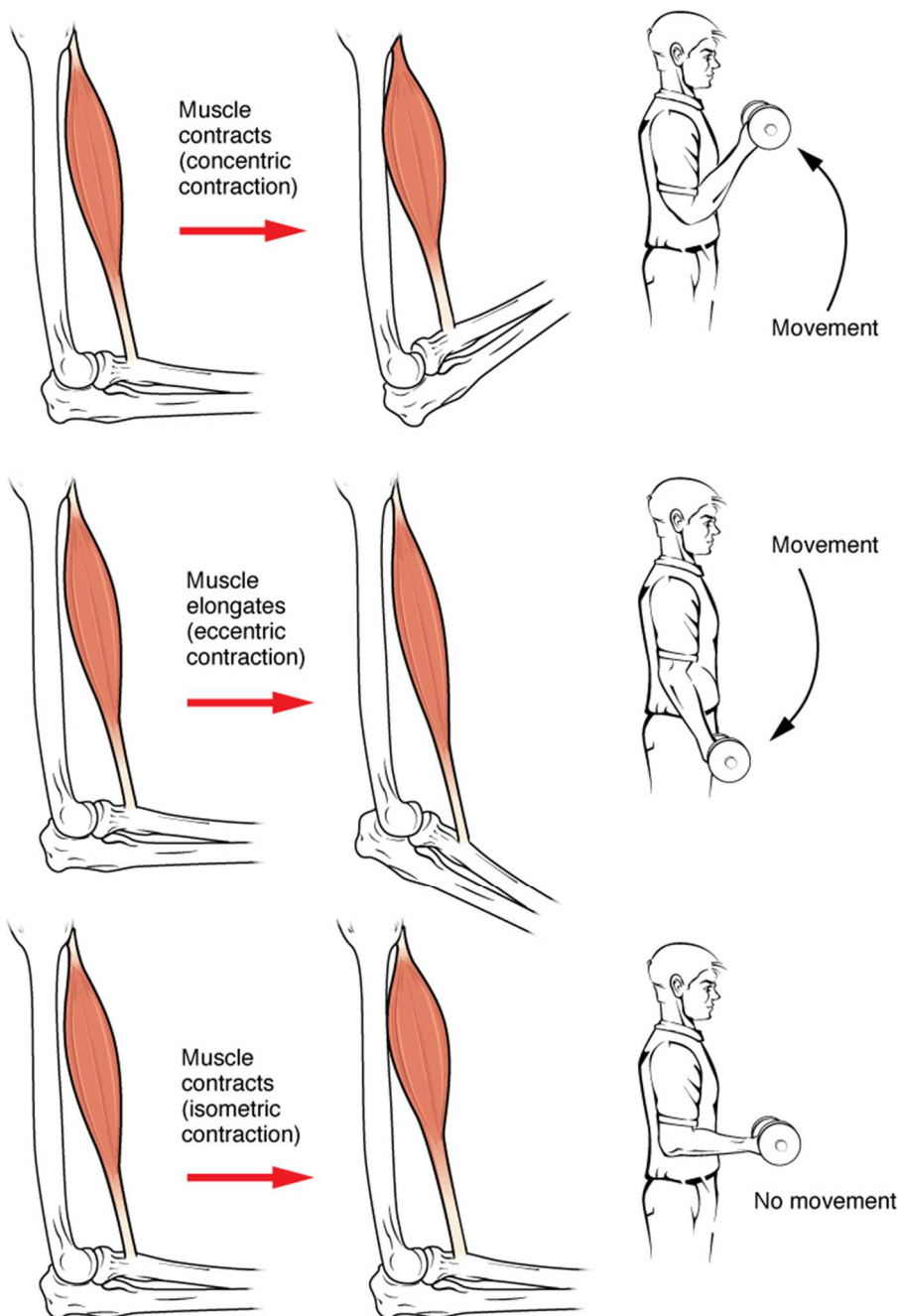
Svalová únava a regenerace

- intenzivní svalová práce vyvolá svalovou únavu, jež je podmíněna lokálním **zvýšením koncentrace laktátu a snížením pH**. Jedná se o významný **ochranný mechanismus**, který má jedince informovat o riziku poškození svalových buněk

- **odplavení přebytečných metabolitů ze svalů je závislé na jeho prokrvení!**
- pocit svalové únavy **zmenšuje aktivace sympatiku a adrenalin**, proto v závodě jedinec často vyvine vyšší úsilí, než je jeho svalový aparát schopen zvládnout a dochází k přetížení/zranění
- pro správnou **regeneraci** je vhodné dodržovat tyto principy:
 - **postupné ukončování náročného tréninku** (dává možnost odplavit kyselé metabolity ze svalů) - např. výklus, aktivní protažení, vyklepání svalů
 - **krátká expozice chladu** na přehřáté svaly může pomoci žilnímu návratu, poté je již třeba být v teple, protože po tréninku je oslabený imunitní systém
 - vhodná je také **lymfodrenáž**
 - vhodný **dietní a pitný režim**, dostatečný **spánek**
 - **vyhýbat se kromě fyzického také psychickému stresu** - aktivuje stejný systém (sympatikus, adrenalin, kortizol), který potlačuje regeneraci, trávení a imunitní systém

Typy svalové kontrakce

- podle změny délky a napětí svalových vláken rozlišujeme několik základních typů svalové kontrakce:
 - izometrická vs. izotonická
 - koncentrická vs. excentrická



By OpenStax - <https://cnx.org/contents/FPTk1zmmh@8.25:fEl3C8Ot@10/Preface>, CC BY 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=30015046>

Izometrická kontrakce

- aktivovaný sval se snaží zkrátit, ale zkrácení je bráněno, např. fixací nebo tahem antagonistických svalů
- dochází ke **zvýšení svalového tonu (=napětí)**, **nedochází ke změně délky** svalu
- k této kontrakci dochází **při synergistickém působení antagonistů** (společné aktivaci protichůdných svalů)
 - **např. na paži zabere biceps a triceps zároveň, nedojde tedy k pohybu v lokti, ale síla se při zafixované ruce (např. na lezeckém chytu) přenesse na trup a dojde k jeho napřímení a tahu vzhůru**

- **to samé flexory a extenzory prstů, pokud zaberou spolu, nedojde k ohybu prstů, ale k přenesení síla proximálně (toto při lezení platí téměř pro všechny svaly končetin!!)**

Izotonická kontrakce

- teoretický koncept , aktivovaný sval se zkracuje, přičemž napětí v něm se nemění
- naprostý opak izometrické kontrakce, ve skutečnosti se vždy napětí trochu zvýší, principiálně jde o spektrum
- dále rozlišujeme koncentrickou a excentrickou kontrakci

Koncentrická kontrakce

- dochází ke **zkracování délky svalu a překonávání gravitace či odporu břemene**
- jedná se např. o přitahování činky bicepsem, přitažení k hrazdě apod.
- opakované koncentrické kontrakce vedou k hypertrofii (zvětšení objemu), zkrácení svalu a jeho vazivových obalů
- **nevyužívá sílu antagonistů** (např. při cviku na biceps musí být triceps vypnutý), proto je v pohybovém vzoru, hlavně na končetinách **značně neefektivní**

Excentrická kontrakce - brždění

- dochází k postupnému **protahování svalu**, protože síla působící proti svalu je silnější než síla svalové kontrakce
- také nazývaná **brzdivá (decelerační) kontrakce**
- např. pomalé pouštění činky, klesající část shybu apod.
- pokud hned naváže další koncentrická kontrakce, lze využít elastické odpovědi tkáně, např. při odrazu nohy ihned po dopadu

Fyziologické aspekty tréninku

- tělesná zátěž vede k mnoha fyziologickým změnám v organismu
- znalost těchto změn u různých typů zátěže umožní správné poskládání tréninkového plánu a řešení případných obtíží svěřence

Základní typy zátěže

Dle typu svalové kontrakce

- **izometrická = statická zátěž** - např. **vzpírání či sprint**
- **izotonická = dynamická - střídání napětí a uvolnění svalů** - nejvýraznější u **běhu nebo plavání na dlouhé vzdálenosti**
 - **koncentrická** - např. **chůze do schodů**
 - **excentrická** - např. **chůze ze schodů** - brždění

- většinou jde o kombinaci statické a dynamické zátěže, jednotlivé sporty mají zvýrazněnou jednu či druhou složku

Kontinuální vs. intermitentní vs. intervalová zátěž

- **kontinuální** zátěž - nepřetržitá
- **intermitentní** zátěž - přerušovaná odpočinkem nebo velmi lehkou zátěží
 - **intervalová** zátěž - obdoba intermitentní, střídání větší a menší zátěže

Dle intenzity a náročnosti (lehká, střední, těžká), atd...

Reakce a adaptace na zátěž

- odpověď organismus na zátěž dělíme na:
 - **reakci** - aktuální odpověď na probíhající zátěž (např. zvýšení dechové a srdeční frekvence)
 - **adaptaci** - dlouhodobé přizpůsobení se organismu opakované zátěži, tělo je časem schopné odolávat silnějším podnětům
- **reakce** je řízena **sympatickou složkou** autonomního nervového systému (**ANS**), vyplavením **adrenalinu** a později i kortizolu z nadledvin, je stimulována lokální potřebou svalů a celkovým nedostatkem kyslíku a glukózy - převažují děje **katabolické** (rozkladné)
- po skončení námahy za správných podmínek nastává **fáze zotavení**, převažují děje **anabolické**, stimulované hormony - **inzulin, testosteron, růstový hormon**
- **adaptace** je souhrnem složitých fyziologických mechanismů, je velice individuální, při stejném pravidelném cvičení dojde u různých jedinců k různé míře adaptace
- **maladaptaci** označujeme pro tělo nevhodnou (nezdravou) adaptaci
 - např. vzpěračům roste krevní tlak v důsledku adaptace na tlakovou zátěž
 - **při jednostranném či nesprávném pohybovém vzorci dochází k maladaptaci pohybového systému a stoupá riziko zranění!**

Reakce a adaptace kardiovaskulárního systému

- při **dynamické** zátěži dochází k **vazodilaci** (roztažení cév) ve svalech, což vede k vyšším nárokům na kardiovaskulární systém, resp. minutový srdeční výdej
- **sympatikus a adrenalin** zvyšují
 - **žilní návrat** do srdce kontrakcí (stažením) žilního systému
 - srdeční **tepovou frekvenci**
 - **sílu stahu** srdce a tím i **tepový objem**
 - mírně i **krevní tlak**
- **minutový srdeční výdej = tepová frekvence/min x tepový objem**
- dlouhodobým tréninkem dochází k **adaptaci** kardiovaskulárního systému
 - **snížení klidové tepové frekvence** a celkové **efektivity** práce srdečního svalu
 - lepší **prokrvení** trénovaných svalů a **zvýšení objemu** cirkulující krve

- lepší **žilní návrat**
- celkově při stejné zátěži u trénovaného jedince dochází k mírnějšímu vzestupu srdeční frekvence a k rychlejšímu návratu do normálu
- u zátěže **statické**, např. u vzpěračů, ale i u lidí, kteří lezou tzv. na sílu dochází při kontrakci svalů k velkému **nárůstu tlaku v krevním řečišti**, což může mít **neblahé účinky** na srdce i cévy, hlavně u lidí s již existující kardiovaskulární chorobou!
 - srdeční sval při tlakové zátěži **hypertrofuje** (ztlušťuje se srdeční stěna), čímž může **klesat elasticita srdce** s horším plněním komor

Reakce a adaptace dýchacího systému

- vzhledem k vysokým kyslíkovým nárokům svalové práce a hlavně tvorbě velkého množství **oxidu uhličitého** (obzvláště po překročení anaerobního prahu) je v zátěži nutné **zvýšit minutový dechový objem**
- **minutový dechový objem = dechová frekvence/min x dechový objem** - může se zvětšit **až 20x** na 120-150 litrů/min
- ventilace je řízena z centrálních **receptorů v prodloužené míše** (vnímajících koncentraci **CO₂**) a periferních **receptorů v krčních cévách** (vnímá **O₂** v krvi zásobující hlavu)
- **sympatikus a adrenalin dilatují (rozšiřují) dýchací cesty**
- dochází k zapojení pomocných dechových svalů (což také stojí množství energie) a otevření úst
- u trénovaného jedince dochází k **metabolické adaptaci tkání a efektivnějšímu využití kyslíku** ve svalech (přestavba a zmnožení mitochondrií, lepší prokrvení atd.) a při správném dechové vzorci ke **zvýšení klidového dechového objemu**, což při stejné zátěži neklade tak velké nároky na dechovou frekvenci

VO₂max jako ukazatel tělesné zdatnosti a kvantifikace intenzity zatížení

- hodnota VO₂max určuje maximální množství kyslíku, které tělo dokáže využít během jedné minuty fyzické aktivity (v ml/kg/min)
- jedná se o dobrý ukazatel aerobní vytrvalosti, čím vyšší VO₂max, tím teoreticky vyšší vytrvalost jedince - je schopen využít větší množství kyslíku
- měří se laboratorně (běh na pásu s dechovou maskou) nebo se počítá dle výkonnosti jedince a tepových frekvencí
- jeho znalost lze využít v tréninku, přičemž intenzitu zatížení určujeme podle tepové frekvence (jsou na to vzorce, dnes počítají i chytré hodinky):
 - při intenzitě zátěže **nad 60% VO₂max přestává** tělo efektivně **využívat tuky** jako zdroj energie
 - přibližně na **60-80% procentech VO₂max leží anaerobní práh**, nad kterým rychle nabývá na významu anaerobní (bez kyslíku) rozklad glukózy, přičemž vzniká spousta kyselých látek a člověk se rychle unaví
- z toho vyplývá, že pokud chce člověk spalovat tuky, jsou vhodnější nižší intenzity tréninku po delší časový úsek

- pro zdravé sportovce je vhodné trénovat okolo hodnot anaerobního prahu, dochází k adaptaci organismu

Adaptace svalového systému

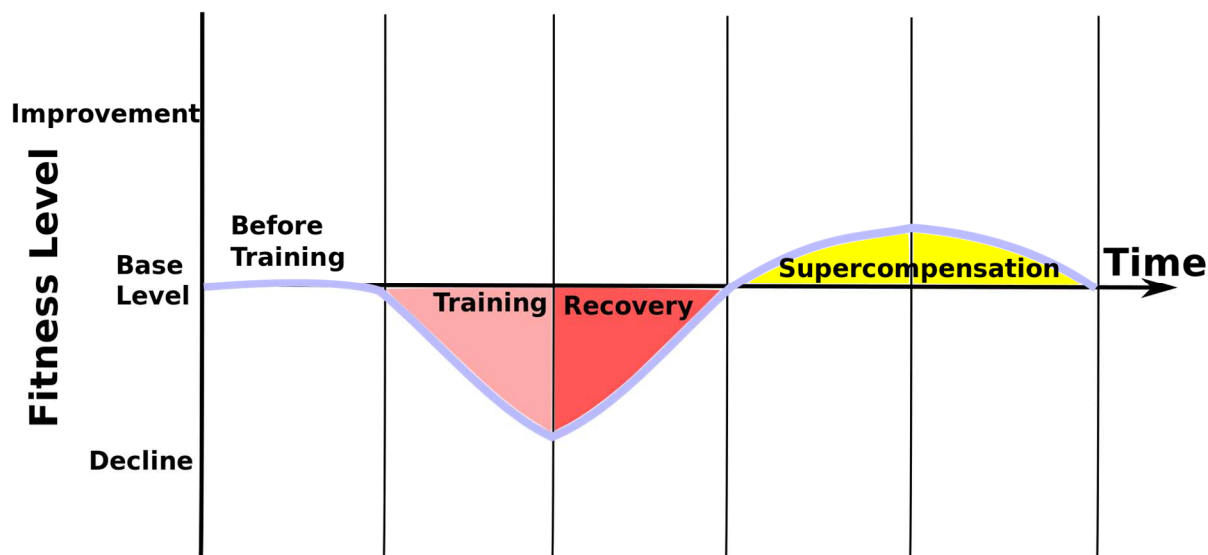
- k adaptaci svalového vlákna dochází vlivem pravidelného tréninku velmi rychle
- svalový systém se specializuje na opakovaně prováděný pohyb
 - mění se typ vláken podle typu zátěže (dynamická x statická, vytrvalostní x výbušná..)
- u vytrvalostního tréninku:
 - dochází k tvorbě nových kapilár v zatěžovaných svalových snopcích a celkově stoupá schopnost svalů extrahovat kyslík z krve
 - stoupá počet mitochondrií a aktivita aerobních enzymů, čímž stoupá VO₂max
 - stoupá význam červených svalových vláken s vyšší zásobou kyslíku a převážně aerobním metabolismem
- u rychlostně-silového tréninku
 - stoupá schopnost inter- a intramuskulární koordinace
 - nastává hypertrofie svalových vláken (zvýšení objemu svalových bílkovin)
 - stoupá podíl rychlých, bílých svalových vláken specializovaných na krátkou anaerobní zátěž

Adaptace sportovce, detrénink, desadaptace

- adaptace je **vratným (reverzibilním)** procesem
- při déletrvající absenci tréninkového zatížení (**detréninku**) nastává tzv. **desadaptace** (postupné snižování pozitivních účinků tréninku)
- rozlišuje se detrénink krátkodobý a dlouhodobý
- za klíčový projev desadaptace se považuje snížení hodnoty VO₂max dané:
 - snížením výkonnosti kardiovaskulárního systému
 - útlum enzymů aerobního metabolismu
 - úbytek objemu cirkulující krve

Superkompenzace

- regenerace po tréninku nevede pouze k dorovnání energetických zásob na výchozí úroveň, ale na nějaký čas se zvýší
- tomuto časovému úseku říkáme fáze superkompenzace
- pokud **další trénink** přijde ještě **před dokončením regenerační fáze** a začátkem fáze superkompenzace, nevede k plnému využití tréninkového potenciálu, naopak může vést k **poklesu výkonnosti** a vyčerpání organismu
- **různé tkáně mají různé časové intervaly regenerace**, podle toho na kterou tkáň cílíme v dané fázi cyklu můžeme upravit dobu odpočinku mezi tréninky
- v praxi se nejčastěji mluví o regeneraci a superkompenzací zásobního glykogenu



By Haus - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=16758335>

Patologická únava, syndromy přetížení a přetrénování

- při nevhodném složení a intenzitě tréninku s nedostatkem času na odpočinek, případně při kombinaci fyzického a psychického stresu může dojít k patologickým stavům spojeným se snížením výkonnosti a celkového zdraví sportovce
- rozlišujeme syndrom:
 - **přetížení (angl. overreaching)** - krátkodobé přetrénování organismu je považováno za přirozenou součást kondičního tréninku
 - **přetrénování (angl. overtraining)** - nastává v důsledku opakovaného a dlouhodobého překračování adaptační a regenerační schopnosti organismu
 - vede k poklesu výkonnosti a ztrátě sportovní formy
 - typickým příznakem je **narušený spánkový cyklus**
 - dále abnormální únava, pomalé zotavení po tréninku, ztráta chuti k jídlu atd.

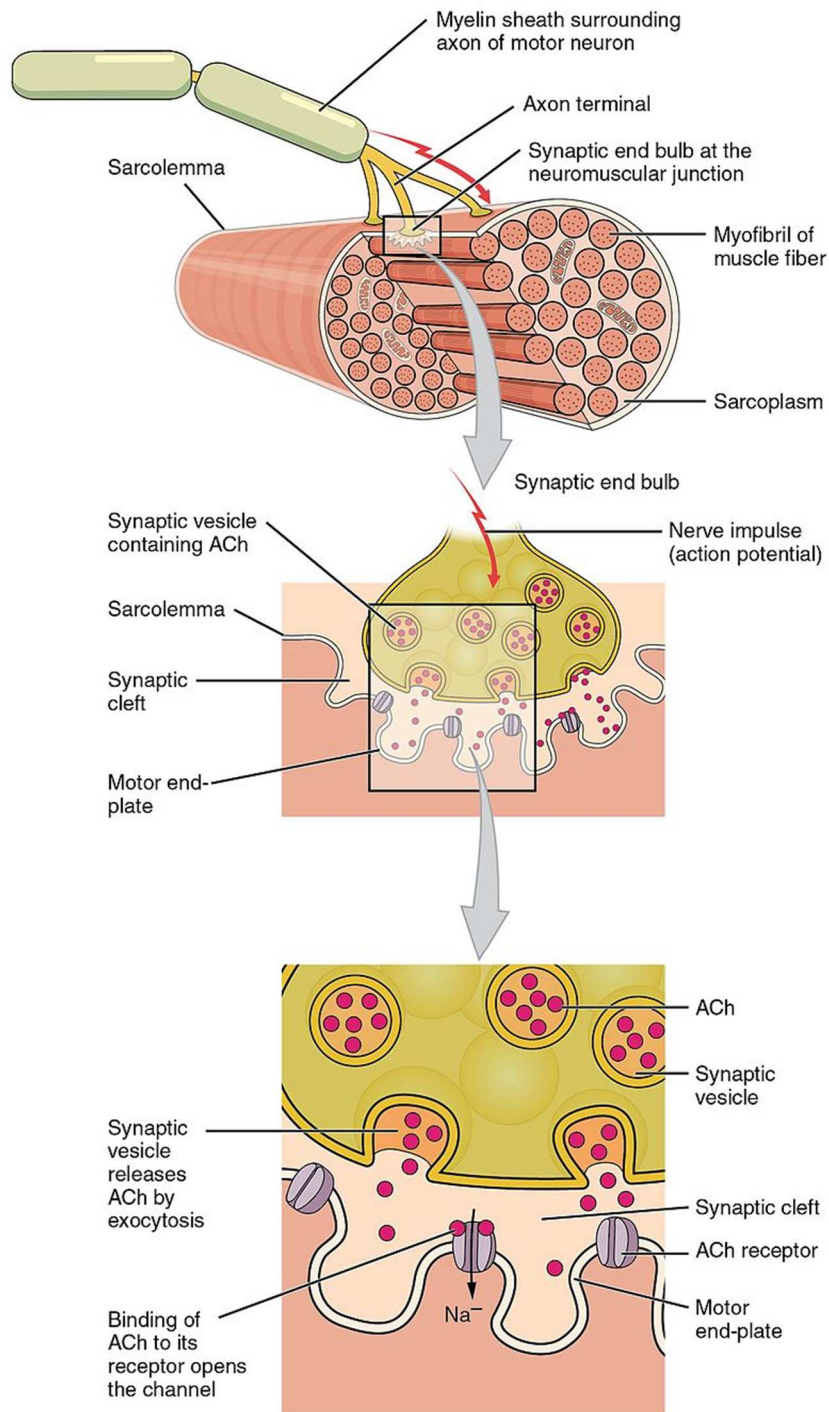
Řízení pohybu

- v modulu Anatomie jsme popsali stavbu a funkci neuronu jako základního kamene nervového systému, přenos vzruchu mezi neurony v synapsi, stavbu centrálního a periferního nervového systému
- zde navážeme širším pojetím funkce a spojení nervového systému s pohybovým aparátem

Nervosvalová ploténka

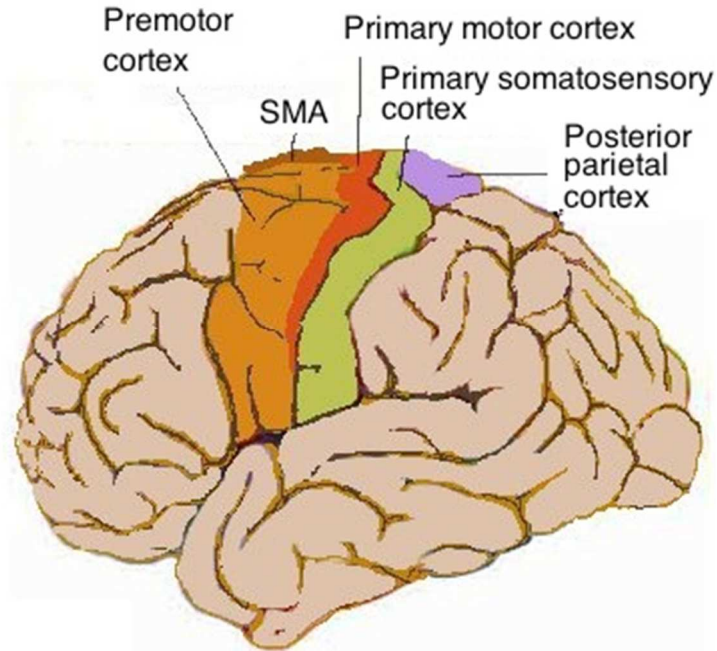
- přenos vzruchu mezi motorickým neuronem a svalovým vláknem se odehrává na nervosvalové ploténce, specializované synapsi mezi koncem axonu a membránou svalového vlákna

- do štěrbiny mezi membránami se vyplavuje mediátor acetylcholin, který ve svalovém vlákně vyvolá proud vápenatých kationtů do cytoplasmy, což stimuluje svalové proteiny (aktin a myosin) ke kontrakci



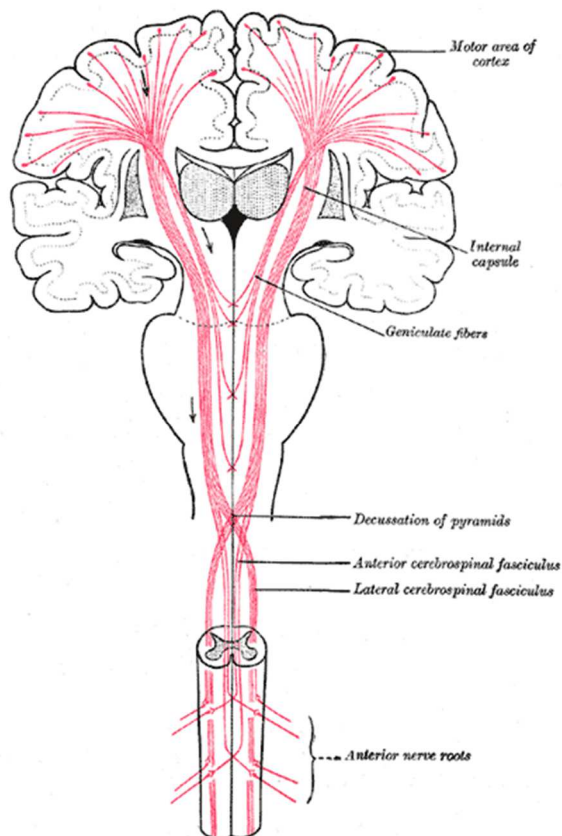
Centrální řízení motoriky, od vzniku záměru pohybu po jeho přenos na svalové vlákno

- základem pro volný pohyb svalové soustavy je **idea pohybu**, která vzniká v mozkové kůře, konkrétně v její motorické oblasti

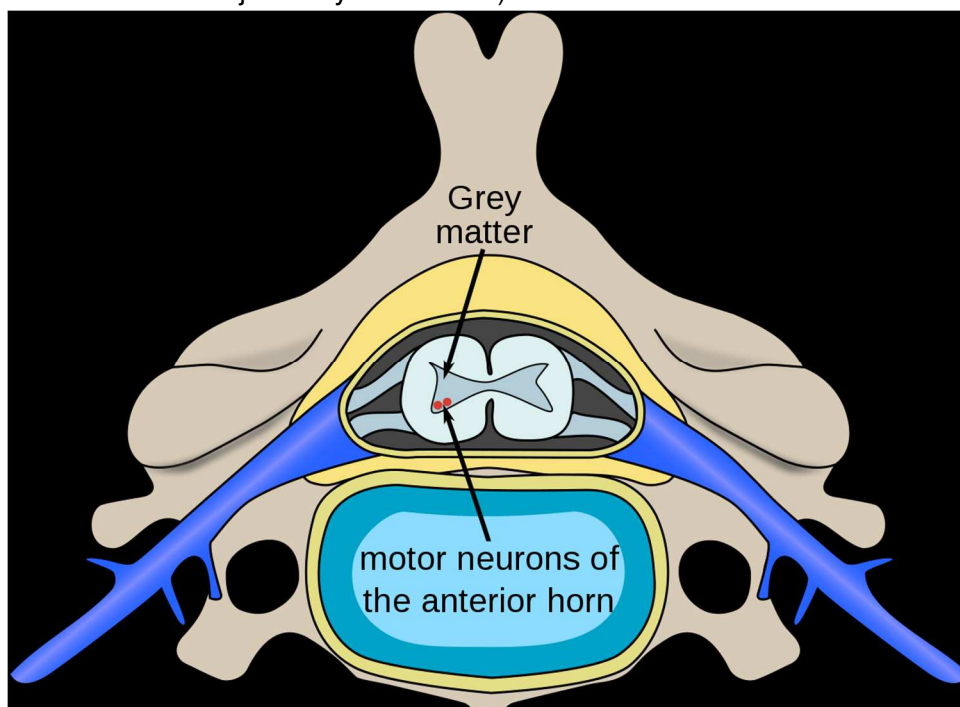


By Cortex sensorimoteur1.jpg: Pancratderivative work: Iamozzy - Own work, This file was derived from: Cortex sensorimoteur1.jpg:, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=33981076>

- neurony v mozkové kůře vysílají své axony dolů do míchy skrz **tzv. pyramidovou dráhu, která se v průběhu kříží!**, takže pravá hemisféra ovládá levou polovinu těla a naopak



- v daném segmentu míchy dojde k přepojení signálu na **alfa-motoneuron**, jehož axon vychází z míšního kanálu a v periferním nervu vede až do svalu, kde se větví a inervuje určitý počet motorických vláken
- **soubor motorických vláken inervovaných jedním motoneuronem označujeme jako motorickou jednotku** (větší u velkých svalů; u malých a šikvných svalů jsou motorické jednotky velmi malé)



- poté co dojde k přenosu signálu přes nervosvalovou ploténku dochází ke svalové kontrakci

Aferentace - propiocepce, somatosenzorika, vestibulární systém

- aferentní neurony vedou informace z periferie do centrálního nervového systému
- pro pohybový systém jsou důležité:
 - **propriocepce (polohocit)** - informace o poloze těla, postavení kloubů a napětí svalů
 - **vestibulární aparát** - rovnovážný aparát ve vnitřním uchu umožňuje vnímat pozici hlavy (resp. těla) v prostoru, což umožňuje mimo jiné držet rovnováhu a koordinovat oční pohyby s otáčením hlavy
 - **mozeček** - integruje polohocit a signály z vestibulárního ústrojí s myšlenkou pohybu
 - údaje o bolesti, chladu, horku apod. mají svůj význam hlavně v reflexivních (mimovolních) pohybových odpovědích



- vstupní informace jsou klíčovou složkou při tvoření idey pohybu a koordinace v jeho průběhu, je to právě mozeček, se kterým mozková kůra spolupracuje při tvorbě pohybového vzorce

Význam globálních pohybových vzorů a pohybových automatismů

- pohybové vzory jsou programy aktivace svalů a svalových skupin
- tyto programy vznikají v centrálním nervovém systému na základě 3 vstupů:
 - **aferentních (vstupních) informací** o poloze těla
 - **záměru** pohybu
 - **vrozených vzorců** a **předchozí zkušenosti** v daném pohybu
- mozek tedy vyhodnotí vstupní informace, srovná je se záměrem pohybu a poté provede pohyb těla podle předem daných vzorců
- tyto vzorce jsou **globální**, což znamená, že neaktivujeme jednotlivé svaly, ale komplexně celý svalový aparát
- zdravé dítě vyvíjí své pohybové vzorce podle vrozených programů, dokud nepřijde změna vstupních informací
 - touto změnou může být např. poranění, nevhodný povrch, obuv a mnohé další
- tělo pracující v nesprávném pohybovém vzoru je náchylné na přetížení některých částí a oslabení ostatních, což může vyústit v nízkou efektivitu, až zranění
- znalostí správných motorických vzorců využívají zkušení trenéři a fyzioterapeuti, **opakováním pohybů se správným nastavením počáteční polohy těla a správným záměrem lze mozek přeučit zpět do fyziologických programů**