

Transport živin v lidském organizmu: Popis a kvantifikace procesů

Veronika Hyžiková

Bakalářská práce
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Veronika Hyžíková**

Osobní číslo: **T12881**

Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**

Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Transport živin v lidském organismu: popis
a kvantifikace procesů**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Zpracujte literární rešerži na téma: **Transport živin v lidském organismu: popis a kvantifikace procesů.**
2. **Stručně charakterizujte typy transportů.**
3. **Popište jednotlivé živiny při procesu transportu.**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] ČIHÁK, Radomír. Anatomie 2. 2. vyd. Praha: Grada Publishing, 2002, 470 s. ISBN 80-247-0143-X.

[2] COMBS, G. F. The vitamins: fundamental aspects in nutrition and health. 1st ed. Burlington: Elsevier Academic Press, 2008, 583 s. ISBN 9780121834937.

[3] DOSTÁL, Jiří a Klaus-Heinrich RÖHM. Lékařská chemie. 2. zcela přeprac. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2005, 165 s. ISBN 80-210-3789-X.

[4] KITTNAR, Otomar. Lékařská fyziologie. 1. vyd. Praha: Grada, 2011, 790 s. ISBN 978-802-4730-684.

[5] MIŠURCOVÁ, Ladislava. Základy biologie. Zlín, 2006, 159 s. ISBN 80-7318-434-6.

[6] VELÍŠEK, Jan a Klaus-Heinrich RÖHM. Chemie potravin 1: z pohledu jednotlivce i populáčních skupin. 2. upr. vyd. Tábor: OSSIS, 2002, 331 s. ISBN 80-866-5903-8.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Lubomír Lapčík, Ph.D.**

Ústav technologie potravin

Datum zadání bakalářské práce: **2. února 2015**

Termín odevzdání bakalářské práce: **4. května 2015**

Ve Zlíně dne 2. února 2015


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: HYŽIKOVA VERONIKA

Obor: CHTP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 14 2015

Veronika Hyžiková

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídáne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce bylo zpracovat formou literární rešerše popis transportu živin v lidském organismu. V předložené bakalářské práci jsou bližším způsobem popsány buněčné membrány a jejich struktura. Dále jsou specifikovány typy transportů hmoty přes membrány, konkrétně aktivní transport, pasivní transport a transport pomocí vezikul. Zvláštní pozornost se věnuje transportu živin přes krev. Z hlediska komplexnosti se pak pozornost věnuje transportu vitamínu, a to zejména vitamínu C, B₁₂ a D. V neposlední řadě se bakalářská práce zaměřuje na popis transportu živin přes trávicí ústrojí. Zde jsou jednak popsány jednotlivé orgány trávicí soustavy a vlastní průběh trávení. V poslední části jsou popsány konkrétní živiny a v této souvislosti je zde stručně naznačen také transport glukózy přes buněčnou membránu, glykolýza, pentózafosfátový cyklus a glukoneogeneze. Závěrem se bakalářská práce věnuje problematice trávení, vstřebávání proteinů a transportu aminokyselin přes buněčnou membránu.

Klíčová slova: transport živin, proteiny, sacharidy, polysacharidy, vitaminy, lipidy, trávicí ústrojí, buněčné membrány

ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis was focused on preparation of the literature review describing transport of nutrition in the human body. In the thesis presented there are described in more detail cellular membranes, namely the active, passive and transport mediated by vesicles. Simultaneously with the latter, a special attention is focused on transport of nutrition by means of blood system. With respect to the complexity point of view, the author's attention is then focused on transport of vitamins, mainly the vitamin C, B₁₂ and vitamin D. Another chapter is dealing with description of nutrition transport via digestive tract. Here nonetheless are described individual organs constituting digestive

tract and process of digestion. The last chapter describes the nutrients. With respect to the latter, the brief description of the glucose transport via cellular membrane, glycolysis, pentosephosphate pathway and gluconeogenesis is offered. In the last chapter, the attention is focused on problems of digestion and absorption of the proteins and of amino acids via cellular membrane.

Keywords: nutrition transport, proteins, saccharides, polysaccharides, vitamins, lipids, digestive tract, cellular membranes

Ráda bych poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce panu prof. Ing. Lubomíru Lapčíkovi, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích při vedení bakalářské práce.

Dále bych ráda poděkovala své rodině za podporu při studiu.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	11
1 BUNĚČNÉ MEMBRÁNY.....	12
1.1 MEMBRÁNOVÉ TRANSPORTNÍ PROTEINY	13
1.1.1 Přenašečové proteiny	13
1.1.2 Iontové kanály.....	14
1.2 PROPUSTNOST BIOMEMBRÁN	15
1.2.1 Membránový potenciál	16
1.2.1.1 Klidový membránový potenciál	17
2 TRANSPORT PŘES MEMBRÁNY	18
2.1 AKTIVNÍ TRANSPORT.....	18
2.1.1 Primární aktivní transport.....	19
2.1.2 Sekundární aktivní transport.....	19
2.2 PASIVNÍ TRANSPORT	20
2.2.1 Prostá difuze	20
2.2.2 Facilitovaná difuze.....	21
2.2.3 Osmóza	22
2.2.3.1 Osmotický tlak.....	22
2.3 TRANSPORT POMOCÍ VEZIKUL	23
2.3.1 Endocytóza.....	23
2.3.2 Exocytóza.....	23
3 TRANSPORT ŽIVIN PŘES KREV.....	24
3.1 SLOŽENÍ KRVE.....	24
3.2 FUNKCE KRVE	24
3.3 TRANSPORT ŽIVIN PŘES PLAZMATICKÉ BÍLKOVINY	25
3.4 TRANSPORT ŽIVIN PŘES STĚNU KAPILÁR.....	25
4 TRANSPORT VITAMINŮ.....	26
4.1 VITAMIN C.....	26
4.1.1 Mechanismus působení vitamínu C.....	26
4.1.2 Fyziologická potřeba vitamínu C a jeho výskyt.....	27
4.1.3 Transport vitamínu C	27
4.2 VITAMIN B ₁₂	27
4.2.1 Mechanismus působení vitamínu B ₁₂	28
4.2.2 Fyziologická potřeba a výskyt vitamínu B ₁₂	28
4.2.3 Transport vitamínu B ₁₂	28
4.2.3.1 Aktivní transport.....	29
4.2.3.2 Pasivní transport.....	30
4.3 VITAMIN D.....	30
4.3.1 Mechanismus působení vitamínu D	30
4.3.2 Fyziologická potřeba a výskyt vitamínu D	31
4.3.3 Transport vitamínu D.....	31

5	TRANSPORT ŽIVIN PŘES TRÁVICÍ ÚSTROJÍ.....	32
5.1	ORGÁNY TRÁVICÍ SOUSTAVY	32
5.2	PRŮBĚH TRÁVENÍ.....	33
6	TRANSPORT SACHARIDŮ.....	35
6.1	NEJDŮLEŽITĚJŠÍ SACHARIDY Z HLEDISKA VÝŽIVY	35
6.1.1	Monosacharidy.....	35
6.1.2	Oligosacharidy	35
6.1.3	Polysacharidy	36
6.2	TRÁVENÍ A VSTŘEBÁVÁNÍ SACHARIDŮ.....	36
6.3	TRANSPORT GLUKÓZY PŘES BUNĚČNOU MEMBRÁNU	37
6.4	GLYKOLÝZA.....	38
6.4.1	Aerobní glykolýza.....	39
6.4.2	Anaerobní glykolýza	39
6.5	GLUKONEOGENEZE	39
6.6	PENTÓZAFOSFÁTOVÝ CYKLUS	39
7	TRANSPORT LIPIDŮ.....	40
7.1	TRÁVENÍ A VSTŘEBÁVÁNÍ LIPIDŮ	40
7.2	TRANSPORT LIPIDŮ.....	41
8	TRANSPORT AMINOKYSELIN A PROTEINŮ.....	42
8.1	TRÁVENÍ A VSTŘEBÁVÁNÍ PROTEINŮ.....	42
8.2	TRANSPORT AMINOKYSELIN PŘES BUNĚČNOU MEMBRÁNU.....	42
	ZÁVĚR.....	44
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	45
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	48
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	50
	SEZNAM TABULEK	51

ÚVOD

Transport živin v lidském organismu je nesdílňným procesem fungování lidského těla. Dělíme jej na aktivní a pasivní. Transportem rozumíme přenos živin do konkrétního místa potřeby. Aby mohl transport správně probíhat, je nezbytná správná funkce veškerých orgánů a biochemických reakcí v lidském těle. Důležitost se klade především na trávicí ústrojí a krev, přes které probíhá většina přenosů. Přítomnost živin je pak nezbytná nejen pro zachování veškerých funkcí v lidském organismu, ale také pro udržení struktury orgánů. Díky přítomnosti trávicího systému dochází k přenosu vody a organických látek. Voda je univerzální rozpouštědlo pro mnohé látky, například pro vitaminy rozpustné ve vodě. Nezastupitelnou roli v přenosu živin hraje také krev, která přenáší dýchací plyny a odvádí zplodiny z těla ven. Jelikož jsou voda, organické látky a zbylé živiny neustále v oběhu a opouští tělo, je potřeba je přijímat především z potravy, případně z doplňků stravy. Je dobré si uvědomit, že pro tělo je výhodnější příjem těchto důležitých látek z potravy, než doplňků stravy, jelikož u synteticky dodávaných látek využíváme pouze konkrétní část (např. vitamin), ale z ovoce přijmeme kromě vitaminů také sacharidy, které našemu tělu dodají rychle energii. Pod pojem živiny jsou zahrnuty především vitaminy, lipidy, sacharidy, proteiny a minerální látky, bez nichž by lidské tělo nedokázalo existovat. Vitaminy slouží především spolu s enzymy jako biokatalyzátory. Sacharidy slouží jako zdroj energie pro buňku a jsou významnou součástí mezibuněčných tmelů a kloubních maziv. Lipidy tvoří v lidském těle tukové zásoby a jsou to prekurzory hormonů, žlučových kyselin aj. Na první příčku se řadí proteiny, které jsou základními stavebními jednotkami živých organismů a hybnou složkou biologických dějů. Nemalou funkci pak hrají při transportu látek, smyslové funkci a jako součást imunoglobulinů.

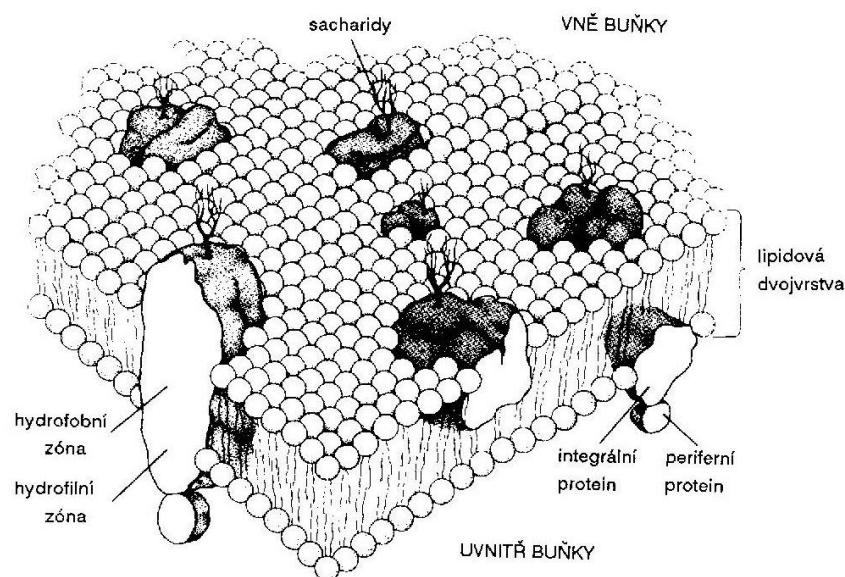
Cílem této práce bylo formou literární rešerše popsat základní procesy transportu živin v lidském organismu. Popisuje konkrétní rozdělení transportu, popis trávicího systému, popis a přenos živin přes krev a její složení a živiny podstatné pro funkci lidského organismu. Zejména je práce zaměřena na shrnutí a popis transportních procesů u konkrétních vitaminů, minerálů, sacharidů, lipidů a proteinů.

1 BUNĚČNÉ MEMBRÁNY

Mnoho buněčných procesů, včetně nitrobuněčného a mezibuněčného přenosu signálu, či zpracování informací, probíhá v plazmatických membránách, nebo jiných membránových strukturách. Základní funkcí membrány je ohraničení buňky. Cytoplazmatická membrána v buňce zajišťuje stálost vnitřního prostředí a zprostředkovává transport látek a informací do buňky i z buňky. Podílí se především na přenosu vody, iontů, organických a anorganických sloučenin. Základní jednotkou každé membrány je dvojvrstva fosfolipidů. Dále se membrány skládají z glykoproteinů, glykolipidů, proteinů a cholesterolu. Důležitou funkci zde plní právě proteiny, díky kterým se liší funkce jednotlivých membrán. Rozlišujeme různé typy cytoplazmatických membrán. Cytoplazmatická membrána buňky prokaryotní, u níž je jedinou existující membránou a buňky eukaryotní [1].

Základními atributy biomembrán jsou:

- *propustnost a řízený transmembránový transport látek,*
- *dynamika membránových molekul,*
- *elektrické vlastnosti [1,2].*



Obrázek 1 Složení membrány [2]

1.1 Membránové transportní proteiny

Membránové transportní proteiny jsou pro každou membránu specifické. Konkrétně cytoplazmatická membrána využívá své proteiny pro přenos sacharidů, iontů apod. Každý protein pak přenáší pouze určitý typ molekuly. Na zprostředkovaném transportu látek se obvykle podílejí membránové proteiny (přenašeče, transportéry), někdy také *pinocytóza* nebo *exocytóza*. Transport může být jednak **pasivní**, kdy jsou molekuly přenášeny ve směru svého koncentračního gradientu, dále pak **aktivní**, při němž dochází k pohybu určitých molekul proti jejich koncentračnímu gradientu. Pro transport jsou důležité *ionofory*, které mění propustnost membrány pro různé ionty. Ionofory jsou dvojího typu: iontové kanály a přenašečové proteiny [1].

1.1.1 Přenašečové proteiny

Přenašečové proteiny umožňují jak *usnadněnou difuzi*, tak *aktivní transport*. Pro transport látek využívají své konformační změny, které umožňují přenos malých, ve vodě rozpustných molekul. Transportované molekuly mohou procházet samostatně, v takovém případě se jedná o *uniport*. Molekuly však také mohou procházet souběžně, mluvíme tedy o *kotransportu*, který se dále dělí na *symport* a *antiport* [2].

Pomocí transportních proteinů označovaných jako **iontové pumpy** dochází k vyrovnání iontových gradientů. Nejvýznamnější je sodno-draselná pumpa, která přenáší sodík ven z buňky a draslík dovnitř buňky. Jde o elektrogenní pumpu, jejíž činnost způsobuje hyperpolarizaci membrány a přispívá tak k nastavení klidového potenciálu. Energie získaná hydrolýzou 1 molekuly ATP umožňuje transport 3 iontů Na^+ ven a 2 iontů K^+ dovnitř buňky, čímž se udržují nebo obnovují základní iontové gradienty. Mezi nejvýznamnější transportní proteiny řadíme především TC I, TC II a TC III proteiny [1].

TC I (transcobalamin I) je nazýván také haptocorin a je řazen mezi α glykoproteiny. Ve velkém množství se nachází hlavně ve slinách a například slzách. Největší procento se nachází v krevní plazmě (až 80 % celkového množství). Má hlavně zásobní a ochrannou funkci [2].

1.1.2 Iontové kanály

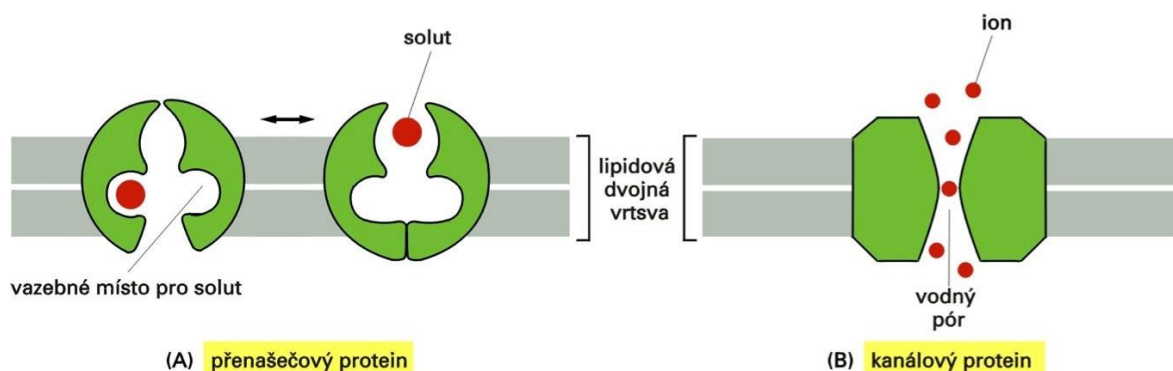
Iontové kanály jsou hydrofilní póry a nesou též označení kanálové proteiny, jelikož přenášejí hlavně konkrétní anorganické ionty. Při srovnání přenašečových proteinů a iontových kanálů, mají právě iontové kanály velkou výhodu v rychlosti transportu, jelikož jedním iontovým kanálem projde za minutu více než milion iontů. Naproti tomu však iontové kanály nemohou spřáhnout tok iontů se zdrojem energie, a tak uskutečňovat aktivní transport. Kanály mají za úkol pouze učinit membránu přechodně propustnou pro anorganické ionty, kdy iontům umožní rychle difundovat ve směru jejich elektrochemického gradientu. Při toku iontů dochází ke změně membránového potenciálu a ten následně změní elektrochemické síly. Elektrochemické hnací síly pak působí na transport všech iontů. Hlavní funkce iontových kanálů jsou: osmoregulační, signalizační a kontrolující membránový potenciál. Iontové kanály jsou součástí důležitých procesů, jako jsou například tvorba membránového potenciálu nebo transport živin [1].

Nejdůležitější kritéria pro klasifikaci iontových kanálů jsou: iontová selektivita, vodivost, řízení (tj. způsob jejich otevírání a zavírání) a citlivost na blokátory a modulátory vlastností kanálů. Pro studium vlastností membránových proteinů je nejčastěji využívána metoda **terčíkového zámku** (z anglického patch clamp), umožňující měření proudu procházejícího jednotlivými iontovými kanály. Proud, který projde iontovým kanálem je 1-20 pA, což odpovídá přenosu $0,6 - 0,12 \cdot 10^7$ iontů za 1 sekundu. Rychlost přenosu odpovídá tomu, že ionty přes pór difundují. Aktivní transport iontů zprostředkovaný přenašečem je mnohem pomalejší ($10^2 - 10^4$ iontů za sekundu) [1,2].

Vodivost iontových kanálů se pohybuje obvykle v rozsahu 5 - 400 pS [Ω^{-1}]. Kanály mohou propouštět kationy, anionty, nebo obojí. Existují i kanály selektivní, propustné pro jednotlivé ionty (draslíkový, sodíkový, vápníkový apod.). Některé kanály jsou stále otevřené, zatímco jiné jsou řízené. *Prosakovací kanály* jsou tvořeny transmembránovými proteiny umožňující difuzi polárních molekul, jako je např. voda. *Řízené kanály* se vyskytují v uzavřeném či otevřeném stavu, kde dynamická rovnováha těchto stavů bývá ovlivněna především fyzikálními vlivy nebo změnami membránového potenciálu - **napětově řízené kanály**, nebo vazbou ligandu - **ligandem řízené kanály** (ligandem je např. hormon, G protein, nitrobuněčné Ca^{2+} , cAMP) [1,2].

Dle mechanismu řízení lze iontové kanály rozdělit do pěti základních skupin:

- 1.) *Iontové kanály stále otevřené* - selektivita těchto kanálů pro rozdílné ionty je dána poměrem mezi vnitřním průměrem kanálu a efektivními poloměry difuzibilních iontů.
- 2.) *Iontové kanály řízené napětím* - propustnost tohoto druhu kanálu je ovlivňována především aktuální hodnotou membránového potenciálu buňky.
- 3.) *Iontové kanály řízené chemicky* - metabotropní; propustnost kanálu je ovlivněna vazbou chemicky aktivní látky na receptor v blízkosti kanálu.
- 4.) *Iontové kanály řízené napětím i chemicky* - (pomalé kanály pro Na^+ a Ca^{2+} ionty v myokardu).
- 5.) *Iontové kanály řízené mechanicky* - (vestibulární aparát) [2].



Obrázek 2 Rozdíl mezi transportními proteiny [2]

1.2 Propustnost biomembrán

Propustnost biologických membrán závisí na velikosti a hydrofobicitě dané molekuly. Molekuly se musí dostat přes relativně silnou hydrofobní vrstvu nepolárních fosfolipidů. Buněčné membrány jsou **semipermeabilní** - polopropustné. Jsou například nepropustné pro koloidní částice - nitrobuněčné proteiny. Osmotický tlak je na vnitřní straně membrány vyšší. Cílem je osmotický tlak vyrovnat (snížit) přesunem odpovídajícího množství vody z vnější strany. Přítomnost proteinů uvnitř buňky vyvolá nerovnoměrné rozložení difuzních iontů na obou stranách membrány. Pro dosažení elektroneutality na obou stranách mem-

brány se vyrovnávají toky difuzibilních iontů K^+ a Cl^- . Tak se na membráně ustaví rovnovážný stav a vzniká tzv.

$$\text{Gibbs-Donnanova rovnováha: } \frac{RT}{zF} \ln \frac{[K^+]_o}{[K^+]_i} = -\frac{RT}{zF} \ln \frac{[Cl^-]_o}{[Cl^-]_i} \quad (1.1)$$

kde: R je plynová konstanta (8,31 J/mol),

T je teplota ve stupních Kelvina,

z je počet elektronů

F je Faradayův náboj (96 500 coulombů/mol) [2].

Membránové systémy lze na základě jejich propustnosti dělit na:

- **Permeabilní** – propustná membrána: tato membrána propustí veškeré částice. Příkladem této membrány je buněčná stěna rostlin.
- **Semipermeabilní** – polopropustná membrána: částice určitého druhu propustí (např. vodu), jiné částice zadrží.
- **Impermeabilní** – nepropustná membrána: nepropustí žádné částice. Vyskytuje se u rostlin, kde je jejich buněčná stěna pokryta vosky [1].

1.2.1 Membránový potenciál

Za membránový potenciál považujeme rozdíl mezi elektrickým potenciálem jedné a druhé strany membrány. Za vytvoření a změny elektrického potenciálu zodpovídají ionty: kationty nebo anionty. Membránový potenciál je tudíž řízen propustností membrány pro specifické ionty. Hromadění iontů na jedné straně membrány se měří jako akumulace elektrického náboje, čili membránový potenciál [1].

Každý iont se liší koncentrací vně a uvnitř buňky. Vně buňky jsou více koncentrované ionty Cl^- a Na^+ . Uvnitř buňky jsou více koncentrované ionty K^+ nebo také organické anionty A^- (např. proteiny a aminokyseliny) [1].

1.2.1.1 Klidový membránový potenciál

Za klidových podmínek buňky nazýváme její potenciál klidovým. Dle konvence je potenciál vně buňky roven nule, tudíž je klidový potenciál totožný s vnitřním potenciálem. Obvyklá hodnota klidového potenciálu se pohybuje v rozmezí -60mV až -70mV . Aby se vytvořil elektrický signál, je potřeba vyvolat změnu potenciálu klidového. Tento děj je zapříčiněn uzavíráním a otevíráním iontových kanálů. Směr proudu je definován jako směr pohybu pozitivního náboje. Anionty se pohybují proti směru výsledného elektrického proudu a kationty po jeho směru. Kdykoli dojde k proudění iontů dovnitř nebo ven z buňky, naruší se klidový potenciál a změní se polarizace membrány. Zvýšení membránového potenciálu se nazývá hyperpolarizace. Naopak pokud dojde ke snížení potenciálu k nulovým hodnotám, dochází k tzv. depolarizaci [1,3].

Depolarizace často vede k otevírání napěťově řízených iontových kanálů, které při prahovém napětí produkují tzv. *akční potenciál*, který je způsoben otevřením napěťově řízených kanálů. Těmito kanály protéká velké množství iontů (především Na^{2+}), které následně způsobí krátkodobou, ale rychlou změnu v elektrickém membránovém potenciálu buňky. Při této změně dojde k extrémní depolarizaci. Rovnovážný potenciál musí být ale okamžitě obnoven [32].

2 TRANSPORT PŘES MEMBRÁNY

Základním procesem buněk je příjem/výdej látek a kontakt se svým okolím. Buňka se svým okolím komunikuje a vyměňuje si mimo jiné i energii. Komunikace, nebo-li transport, se uskutečňuje přes buněčné membrány a závisí na mnohých faktorech, konkrétně pak na permeabilitě membrány, fyzikálních vlastnostech a koncentračním spádu. Látky, které buňka přijímá, hrají důležitou roli pro krytí energetické potřeby (sacharidy, lipidy), pro metabolické děje (vitaminy, enzymy), pro výstavbu buněčných struktur a poskytnutí mechanické opory (proteiny, minerální látky). Naopak látky, které jsou buňkou vydávány, jsou většinou odpadní produkty metabolismu - mohou být škodlivé, případně zbytečné. Mezi tyto vydané látky řadíme CO_2 , močovinu, antibiotika apod. [1].

Aby byla zachována správná funkce buňky, je potřeba živiny jak přijímat, tak je z těla ven odvádět. Tento proces ovšem komplikuje fakt, že vnitřní prostor fosfolipidové dvojvrstvy membrán je hydrofobní, čímž brání průchodu molekul rozpustných ve vodě. Malé procento z těchto látek má schopnost prostě difundovat lipidovou dvouvrstvou (příkladem může být kyslík nebo oxid uhličitý), ovšem většina pro buňku nezbytných látek tuto schopnost nemá. Proto je pro přenos těchto iontů důležitá existence transportních proteinů. Obecně dělíme transportní proteiny na dva typy - přenašečové proteiny a kanálové proteiny. Transport těchto látek přes buněčnou membránu se dělí na – aktivní transport a pasivní transport [1].

2.1 Aktivní transport

Aktivním transportem se rozumí proces, při kterém dochází k přenosu částice přes membránu proti gradientu elektrochemického potenciálu. Tento typ transportu je také charakteristický růstem energie. Energie roste, protože v oblasti přenesených částic je vyšší koncentrace.

Potřebná energie se získává:

- 1.) štěpením ATP na ADP a P_i (tzv. primární aktivní transport),
- 2.) umožněním pasivního transportu jedné částice, kdy se část energie využije pro aktivní transport částice druhé (tzv. sekundární aktivní transport),
- 3.) energeticky výhodnými oxidačně-redukčními reakcemi,

4.) přímou konverzí světelné energie, kdy je bílkovinou absorbováno světelné kvantum a tato energie se využívá k transportu.

Aktivní transport je zajištěn membránovými proteiny zajišťující stabilitu vnitřního prostředí buněk. Následně se aktivní transport dělí na primární a sekundární [4].

2.1.1 Primární aktivní transport

Tímto mechanismem jsou přenášeny především Ca^{2+} , Na^+ , K^+ ionty. Energie se při primárním transportu získává štěpením ATP a následně je využita přímo k transportu látky přes buněčnou membránu. Na^+ a K^+ jsou transportovány pomocí sodno-draselné pumpy. Podílí se tak na vzniku membránového potenciálu. Protein sodno-draselné pumpy je tvořen α a β podjednotkami globulárních proteinů. Hlavní funkci plní podjednotka α , na jejíž zevní straně jsou místa, která umožňují vázat ionty draslíku. Část vnitřní plní funkci ATPázy umožňující vázat ionty sodíku. Jakmile dojde k navázání a obsazení všech receptorových míst, aktivuje se ATPáza, která rozštěpí ATP na ADP a fosfát. Energie, která při tomto procesu vznikla, je využita ke konformační změně proteinu, jejímž důsledkem je přenos tří iontů Na^+ z buňky a dvou iontů K^+ do buňky [1,2].

2.1.2 Sekundární aktivní transport

U sekundárního transportu bývá využíván gradient koncentrace Na^+ , který je vytvořen činností sodno-draselné pumpy. Pro vznik energetického potenciálu látky je důležitý ATP. Pokud jsou látky přenášeny opačným směrem, hovoříme o antiportu, pokud směrem stejným, mluvíme o symportu [1].

Podle přenosu náboje lze dělit sekundární aktivní transport na:

- **Elektroneutrální transport** - není transportovaný žádný elektrický náboj, jedinou hybnou silou je chemický spád Na^+ (např. Na^+ - Cl^- symport, Na^+ / H^+ antiport),
- **Elektrogenní (reogenní) transport** - další dodatečnou hybnou silou je negativní potenciál na vnitřní straně membrány (např. Na^+ + glukóza⁰, Na^+ + AMK^0) [1].

2.2 Pasivní transport

Přenos látek přes buněčnou membránu, který probíhá samovolně prostřednictvím kanálů a přenašečových proteinů se nazývá pasivní transport. Pasivní transport nespotřebovává žádnou chemickou energii a souvisí především s propustností buněčné membrány, která závisí na uspořádání dvojité vrstvy fosfolipidů a vmezeřených bílkovin. Základními typy pasivního transportu jsou *prostá difuze*, *usnadněná difuze* a *osmóza* [1].

2.2.1 Prostá difuze

Je jedním z nejdůležitějších fyzikálních dějů umožňující pohyb látek uvnitř buňky. Jedná se o typ transportu, při kterém látky přecházejí přes membránu ve směru svého koncentračního spádu bez využití energie (z místa s vyšší koncentrací do míst s nižší koncentrací). Prostá difuze se od facilitované liší především tím, že nevyužívá membránových přenašečů. Probíhá především u transportu málo polárních molekul či u různých druhů plynů. S tím souvisí, že prostá difuze je důležitá především v rámci výměny plynů v lidském organismu [4].

$$\text{Einsteinova rovnice pro difuzní koeficient: } D = \frac{k_B T}{f} \quad (1.1)$$

kde: k_B je Boltzmannova konstanta

T je absolutní teplota

f je koeficient tření [5].

Z fyzikálního hlediska difuze probíhá ve všech třech skupenstvích, nejrychleji v plynném a nejpomaleji v pevném. Rychlost difuze se řídí Fickovými zákony a její mírou je difuzní součinitel. Je to typický nevratný proces spojený se vzrůstem entropie [5].

První Fickův zákon:

Nejsou-li místa o různé koncentraci od sebe oddělena semipermeabilní membránou, dochází k vyrovnání koncentrace právě difuzí. Rychlost tohoto pochodu lze vystihnout tzv.

difuzním tokem J , značící počet molů prošlých plochou 1 m^2 za jednotku času. Pro velikost difuzního toku při difuzi ve směru osy x platí tzv.:

$$\text{První Fickův zákon: } \frac{dn}{dt} = -D \left(\frac{\partial c}{\partial x} \right)_t, \quad (1.2)$$

kde: D je difuzní koeficient [m^2/sec]

T je čas

Derivace $\left(\frac{\partial c}{\partial x} \right)_t$ je koncentrační spád, čili gradient koncentrace [5].

Druhý Fickův zákon:

Vyjadřuje změnu gradientu koncentrace s časem. Mění-li se koncentrace s časem, pak pro časovou změnu koncentrace platí:

$$\text{Druhý Fickův zákon: } \left(\frac{\partial c}{\partial t} \right) = D \left(\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} \right) \quad (1.3)$$

pro $D = konst.$, čili časová změna koncentrace ve zvolené vrstvě je úměrná změně gradientu koncentrace v této vrstvě. Druhý Fickův zákon umožňuje určit rozložení koncentrace v závislosti na čase a na vzdálenosti x od dané vztažné roviny. Předpokládáme, že koncentrace $c = f(x, t)$. [5].

Časová změna hmotnostní koncentrace:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = D \left(\frac{\partial^2 \rho}{\partial x^2} \right). \quad (1.4)$$

2.2.2 Facilitovaná difuze

Jedná se o typ pasivního transportu využívající pomoc transportních proteinů. Na transportní proteiny jsou nekovalentně vázány přenášené molekuly a jejich prostřednictvím jsou přeneseny na opačnou stranu membrány. Facilitovaná difuze je rychlejší a bývá spojována s transportem látky v protisměru, neboli antiportu. Využívá také transportu přes tunelové

bílkoviny, které procházejí skrz kompletní tloušťku membrány. Facilitované difuze se využívá především při transportu glukózy [4].

2.2.3 Osmóza

Je typ pasivního transportu, při kterém přestupuje rozpouštědlo (nejčastěji voda) přes polopropustnou membránu z prostoru s menší koncentrací do prostoru s větší koncentrací. Semipermeabilní membrána je za takových podmínek propustná pro rozpouštědla a méně propustná nebo nepropustná pro rozpuštěné látky. Velikost osmózy je charakterizována jako rozdíl osmotických tlaků na obou stranách semipermeabilní membrány. Osmóza funguje nejen pro kapaliny, ale také pro plyny a je vlastně specifickým příkladem difuze [4].

2.2.3.1 Osmotický tlak

Má zásadní význam pro šíření vody a její množství v organismu. Při změně osmotického tlaku v jednom oddílu tělních tekutin dochází ihned k přesunu vody mezi jednotlivými oddíly. Na osmotickém tlaku tělních tekutin se podílí všechny rozpuštěné látky, zejména anorganické látky (např. Na^+ , Cl^-) a organické látky (např. glukóza, močovina, proteiny) [7].

Osmotický tlak lze z fyzikálního hlediska charakterizovat jako přetlak potřebný k udržení osmotické rovnováhy mezi čirým rozpouštědlem a roztokem.

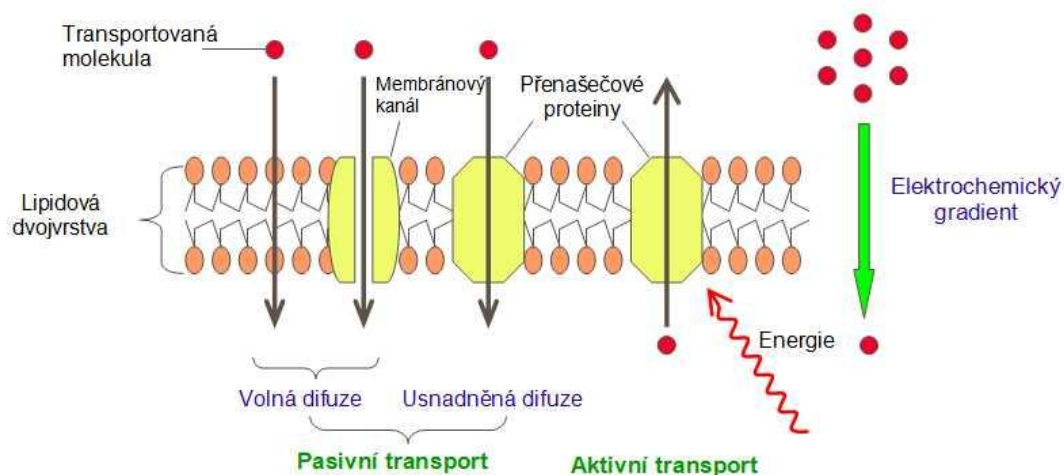
Platí pro něj tzv.

$$\text{van't Hoffův zákon: } \pi = cRT \quad (1.5)$$

kde: c je koncentrace látky rozpuštěné v roztoku,

R je molární plynová konstanta,

T je termodynamická teplota [5].



Obrázek 3 Rozdíl mezi aktivním a pasivním transportem [2]

2.3 Transport pomocí vezikul

Pomocí vezikul jsou přes buněčnou membránu transportovány cholesterol nebo proteiny. Při tomto typu jsou látky uzavřeny ve vezikule, která je tvořena lipidovou membránou. V případě endocytózy dojde k vychlípění membrány a tím i k přenosu látek, které jsou přítomny v extracelulární tekutině do buňky. Při exocytóze dojde v cytosolu ke splnutí vezikuly a membrány a přenášená látka se uvolní do extracelulárního prostoru [1].

2.3.1 Endocytóza

Buňka přijímá extracelulárně uložené látky. Kromě živin mohou být transportovány také patogeny a toxiny. Endocytózu lze následně dělit na fagocytózu a pinocytózu. Fagocytóza je charakteristická tím, že plazmatická membrána obklopí daný objekt a uzavře jej do své vakuoly. Přes fagocytózu jsou přijímány velké objekty, jako jsou např. buňky usmrcené apoptózou. Při pinocytóze se nejdříve vytvoří tzv. „výduť“ membrány, a tento útvar, který je naplněn tekutinou, se uzavře do váčku. Poté vstupuje do cytosolu a splyne s lyzozomy [8].

2.3.2 Exocytóza

Díky exocytóze buňky vylučují svůj obsah do extracelulární oblasti. Podílejí se na ní SNARE-proteiny, které zprostředkují adsorpci váčku na membránu a membránovou fúzi. Jakmile se váček dotkne membrány, dojde k přeskupení fosfolipidové dvojvrstvy, membrány tak splynou a obsah váčku se vylije do extracelulární oblasti [6].

3 TRANSPORT ŽIVIN PŘES KREV

Krev je červená, neprůhledná kapalina. Tvoří 7-10 % hmotnosti těla, což je zhruba 4,5 - 6 litrů. Ženy mají vzhledem k tělesné hmotnosti méně krve, než muži. Je to životně důležitá tekutina, která spojuje všechny orgány a je hlavní součástí vnitřního prostředí. Krev se neustále obměňuje. K obměně dochází u všech komponentů, ale nestejnou rychlostí [9,10].

3.1 Složení krve

Krevní plazma je tekutou složkou krve a má slabě nažloutlou barvu. Její složení je za fyziologických podmínek poměrně stálé. Slouží k transportu látek mezi orgány a tkáněmi. Oblast pH se pohybuje v rozmezí $7,4 \pm 0,04$. Osmolalita plazmy se pohybuje kolem 280-300 mOsm/l.

Složení: 91-92 % vody

8% rozpuštěných organických látek (albuminy, globuliny, fibrinogen)

1% rozpuštěných anorganických látek (chlorid sodný, železo, jod, měď) [10].

Erytrocyty jsou malé, bikonkávní, bezjaderné buňky, jejichž životnost je okolo 120 dní. Vznikají v kostní dřeni a zanikají ve slezině. Hlavním úkolem červených krvinek je transport dýchacích plynů [9,10,11].

Leukocyty jsou pravé buňky, jelikož obsahují jádro. Jejich hlavní funkce spočívá v obranném systému organismu. Dělíme je na granulocyty a agranulocyty. Mají schopnost fagocytózy [9,10,11].

Trombocyty jsou bezjaderné, bezbarvé a nepravidelného tvaru. Jejich životnost je jen několik dní, pak zanikají ve slezině stejně jako ostatní buněčné elementy. Uplatňují se při zástavě krvácení a srážení krve [9,10,11].

3.2 Funkce krve

Funkce krve jsou mnohostranné, zejména je dělíme na specifické a transportní. Mezi specifické funkce řadíme schopnost srážení, udržování homeostázy a funkce obranné. Z hlediska transportu krev přenáší dýchací plyny, živiny a odvádí zplodiny z těla ven. Také se účastní rozvodu tepla po těle tím, že vyrovnává teplotní rozdíly mezi vnitřními orgány.

Další významnou a nezbytnou funkcí této tekutiny je funkce termoregulační a koordinační. Krev udržuje stálé pH, osmotický tlak a stálý krevní tlak [12,13].

3.3 Transport živin přes plazmatické bílkoviny

Jelikož mají plazmatické bílkoviny, které jsou součástí krevní plazmy, velký povrch, mohou na sebe vázat a transportovat řadu významných látek pro lidský organizmus. Mezi tyto přenášené látky patří především malé molekuly minerálů, vitaminů, hormonů a barviv. Aby nedošlo k vyloučení těchto potřebných živin ledvinami, dochází ke snížení osmotické účinnosti vazbami mezi menšími molekulami a bílkoviny. Tato forma transportu je významná především pro lipidy, tedy hydrofobní látky. Vazba mezi těmito látkami a bílkoviny je reverzibilní a látky jsou tak přenášeny z místa resorpce do cílových orgánů či tkání [12].

3.4 Transport živin přes stěnu kapilár

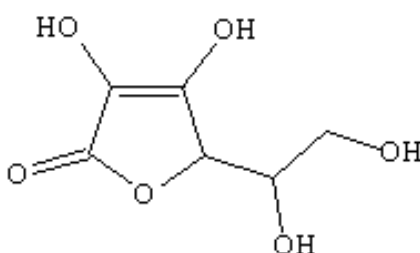
Transportu přes stěnu kapilár se účastní dva mechanismy – filtrace a difuze. Hlavní výměnu minerálů, živin a katabolitů mezi intersticiem (vmezeřená tkáň) a krví, umožňuje filtrace. Filtrace charakterizuje oddělení látek pomocí filtru. Její směr a skladba filtrované tekutiny jsou stanoveny velikostí pórů a filtračním tlakem. Filtrační tlak je dán součtem více tlaků, jejichž konečný účinek bývá označován jako efektivní filtrační tlak (EFT). Filtraci podporují onkotický tlak intersticiální tekutiny (OT_{int}) a hydrostatický tlak krve v kapiláře (HT_k). Filtrovaná tekutina prostupuje póry, jejichž velikost závisí na těsnosti spojení kapilár. Velikost póru se většinou pohybují do velikosti 10 nm, čili umožní prostup látek jako je – glukóza, minerály a aminokyseliny. Aby mohly být transportovány bílkoviny, musí mít póry velikost 20-100 nm. Tyto póry jsou lokalizovány hlavně v glomerulech ledvin a játrech. Transport lipidů je možný v momentě, kdy se uvolní účinkem lipoproteinové lipázy z lipoproteinových částic [13].

4 TRANSPORT VITAMINŮ

Vitaminy jsou nízkomolekulární organické látky, které společně s cukry, tuky a bílkoviny tvoří podstatnou část lidské stravy. Řadíme je mezi esenciální látky, což znamená, že lidský organismus si je není schopen syntetizovat, proto je musíme přijímat formou stravy. Vitaminy mají v lidském těle nezastupitelnou funkci biokatalyzátorů a jejich pravidelný příjem je nezbytný pro zachování metabolických funkcí našeho organismu. Dle rozpustnosti je dělení na vitaminy rozpustné v tucích: A, D, E, K a vitaminy rozpustné ve vodě: C, B, H. Hlavními zdroji vitaminů jsou rostlinné a živočišné tuky, ovoce, zelenina, vejce, maso, kvasnice, vnitřnosti, obilné klíčky ap. [14].

4.1 Vitamin C

Historie tohoto významného vitaminu sahá několik tisíciletí zpět. Skutečně se však tento vitamin začal studovat až s rozvojem chemie v 19. století, což vyvrcholilo novým objevem dalších vitaminů, které byly pojmenovány dle pořadí, podle kterého byly objeveny. Úplně první zmínku o tomto vitaminu popisují námořníci, kteří se účastnili plaveb kolem světa, ovšem většina z nich se z plavby už nevrátila. Později se začalo spekulovat o nedostatku vitaminu, který jim chyběl. Byl to právě zmíněný vitamin C, který při avitaminóze způsobuje onemocnění nazývané skorbut (odtud správný chemický název vitaminu C: kyselina L-askorbová) [14].



Obrázek 4 Kyselina L-Askorbová [14]

4.1.1 Mechanismus působení vitaminu C

Kyselina askorbová (dále jen AK) má velký vliv na hydroxylační transformaci prolinu na hydroxyprolin, jako základní součásti stavby kolagenních vláken. Dále přispívá AK k hojení ran, ať už po chirurgických operacích, či při malých oděrkách. Také je znám proti-

infekční synergizmus s vitamínem B₁ a B₆. Má ochranný vliv na lyzozomy a známé je též vstřebávání a vylučování některých látek, jako jsou oligoelementy (např. kadmium). Obecně lze tedy charakterizovat AK jako oxidoredukční kyselinu [14].

4.1.2 Fyziologická potřeba vitamínu C a jeho výskyt

Doporučená denní dávka AK je mezi 50 - 70 mg u dospělého člověka. Vitamin C lze dodávat buď přirozenou cestou z potravy, čili převážně z citrusových plodů a zeleniny, nebo v podobě vitaminových doplňků. Období nedostatkového množství tohoto vitamínu bývá především na jaře (známo jako jarní únava). Naopak zvýšená potřeba vitamínu C vzniká například při stresu, infekčních onemocněních, po traumatu apod. [14,15].

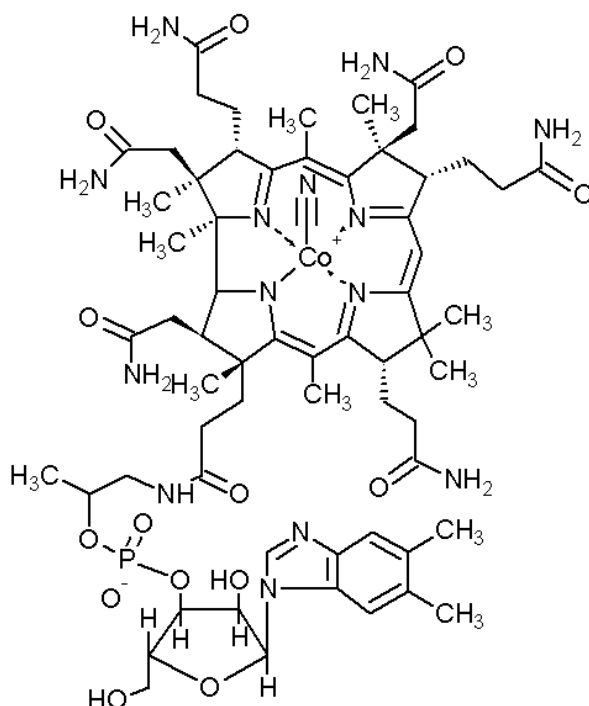
4.1.3 Transport vitamínu C

Jako první je nutné si uvědomit, že je doporučován dlouhodobější příjem vitamínu C, než podávání nárazové. Hlavním důvodem je udržení všech metabolických funkcí. Jelikož vitamíny patří do skupiny látek, které nemohou být syntetizovány v buňce, musí být přepravovány dvěma způsoby: přes buněčné membrány a prostřednictvím biologických tekutin. Transport vitamínu C probíhá přes usnadněnou difúzi s tím, že tento proces může inhibovat glukóza. U většiny vitamínů je potřeba jejich navázání na proteiny. Poslední výzkumy dokazují, že v případě vitamínu C má navázání na protein, konkrétně albumin, významnou roli při jeho transportu lidským organismem. Dalším významným pomocným faktorem při transportu jsou ionty kovů, například vápník [15].

Existuje také celá řada onemocnění, které mohou mít vliv na transport vitamínu C. Nejběžnější onemocnění spojeno s tímto vitamínem je například diabetes mellitus [15].

4.2 Vitamin B₁₂

První zmínky o tomto vitamínu souvisí s onemocněním zvaným perniciózní anémie. Toto onemocnění bylo ještě ve 20. století pro většinu lidí smrtelné, jelikož nebyly známy jeho příčiny. Až v roce 1926 bylo prokázáno, že toto onemocnění se dá poměrně jednoduše léčit, a to konzumací syrových jater. Za tento objev dostali vědci George Minot a William Murphy Nobelovu cenu. Později pak byla z jater vyextrahována látka, známá dnes jako vitamin B₁₂ – kyanokobalamin [16].



Obrázek 5 Kobalamin [14]

4.2.1 Mechanismus působení vitaminu B₁₂

Kobalamin se účastní metabolických reakcí v lidském těle, kde je funkční jako koenzym. U člověka jsou metabolicky aktivní pouze dvě formy tohoto vitamínu: metylokobalamin a adenosylkobalamin. Tento vitamin je také využíván při otravě kyanidy. Kobalamin má schopnost se navázat na kyanid za vzniku kyanokobalaminu. Nepřímo se také podílí na tvorbě genetického materiálu [15].

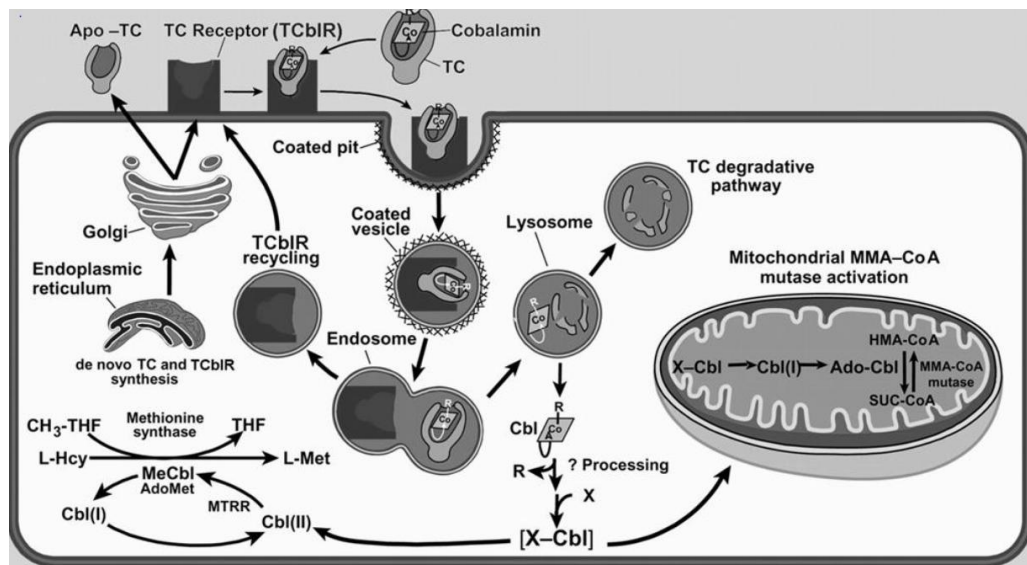
4.2.2 Fyziologická potřeba a výskyt vitaminu B₁₂

Doporučená denní dávka je stanovena na 2 μg u dospělého člověka. Kobalamin se vyskytuje především v játrech, mléce, vejcích a také v čaji a čajových lístcích v malém množství. Jelikož je jeho přítomnost nejvyšší hlavně v živočišných zdrojích, tak nedostatkem tohoto vitamínu mohou trpět hlavně vegetariáni, respektive vegani [14].

4.2.3 Transport vitaminu B₁₂

Transport kobalaminu u člověka probíhá v krevní plazmě. Aby k transportu tohoto vitamínu mohlo vůbec dojít, musí být kobalamin navázán na tzv. R protein, který kobalamin přivede až do periferních tkání. R proteiny tedy plní u transportu kobalaminu nezastupitel-

nou roli. Nejvýznamnějším R proteinem je TC II (transcobalamin II). Jelikož navázáním na protein vzniká velmi pevná vazba, je potřeba vazbu rozrušit, aby mohl být kobalamin v těle využíván. Nejlepším místem pro rozrušení této vazby je díky kyselému pH právě žaludek. R protein ale není jediný významný komponent. Velký význam má také glykoprotein IF. IF dokáže navázat kobalamin pouze v zásaditém prostředí GIT, čili vazba probíhá hlavně v duodenu a navázáním vzniká významný komplex B_{12} – IF [26,30].



Obrázek 6 Schéma absorpce komplexu B_{12} [24]

4.2.3.1 Aktivní transport

Celý proces aktivního transportu trvá 3 – 4 hodiny. Touto cestou je transportována naprostá většina kobalaminu. Komplex B_{12} – IF, který vznikl v duodenu, se naváže na receptor, který tvoří membránu střevních buněk a umožní mu tak vstup přímo do střeva. Zmíněný membránový receptor je nazýván jako cubilin, který rozpoznává pouze vytvořený komplex B_{12} – IF. Cubilin se musí navázat na amnonless protein, se kterým vytvoří další funkční komplex, díky kterému je možný přenos ligandu do buněk [3,15].

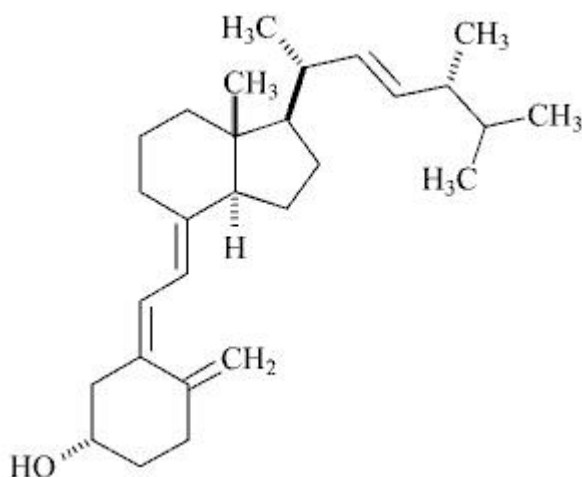
Vznikne komplex IF – B_{12} – IF receptor, chráníci vitamin před proteolytickými enzymy a střevními bakteriemi. V cytosolu enterocyty dojde k navázání volného kobalaminu na TC II, vzniká holoTC, což je aktivní forma a takto navázán opouští střevní buňku a vstupuje do krve [2].

4.2.3.2 Pasivní transport

Pasivním transportem se absorbuje zbylé množství vitamínu B₁₂, které nebylo spotřebováno při aktivním transportu. Tento typ transportu je proto významný spíše u lidí, kteří jsou nějakým způsobem nemocní, jelikož jeho uplatnění je až při podání vyšší dávky tohoto vitamínu a v krvi se obnoví během pár minut [15,16].

4.3 Vitamin D

Historie vitamínu D spadá do 17. století, kdy byla poprvé popsána nemoc spojená s nedostatkem tohoto vitamínu – rachitis. Až teprve v roce 1906 byla vyslovena domněnka, že toto onemocnění je způsobeno nedostatkem nějaké neznámé látky a až v roce 1919 bylo dokázáno, že přikrmování zvířat trpící rachitis rybím tukem, vede ke kalcifikaci kostí. Celkově se pod pojmem vitamin D rozumí skupina steroidních látek nazývaná též kalciferoly [14].



Obrázek 7 Kalciferol [11]

4.3.1 Mechanismus působení vitamínu D

Hlavní metabolismus vitamínu D probíhá v játrech. V první fázi dochází v endoplazmatickém retikulu hepatocytů k přeměně kalciferolu na kalcidiol, neboli 25-hydroxykalciferol, účinkem jaterních enzymů. Kalcidiol se dále zpracovává v ledvinách působením enzymu 25(OH) D₃-1- α -hydroxylázy, jehož poločas obratu je 3 - 4 týdny. V ledvinách je v proximálním tubulu působením 1- α -hydroxylázy konvertován na kalcitriol (nejaktivnější metabolit). Kalcitriol má na rozdíl od kalcidiolu krátký poločas obratu. To-

hoto obratu však nejsou schopny pouze jaterní či ledvinové buňky, ale také např. rakovinné buňky prsu, prostaty apod. [14,17].

4.3.2 Fyziologická potřeba a výskyt vitamínu D

Nejvýznamnější množství vitamínu D obsahují především játra, oleje a tuk sardinek, případně vaječný žloutek. Jeho obsah v mléku závisí na ročním období, neboť při vyšším podílu slunečního záření se jeho obsah zvyšuje. Doporučený příjem tohoto vitamínu na den je stanoven ve výši 10 µg/den. Hypovitaminóza tohoto vitamínu se projevuje onemocněním zvaným rachitis – neboli křivice [29].

4.3.3 Transport vitamínu D

V okamžiku, kdy je vitamin D₃ přijímán z potravy, transportuje jej lidský organismus do střeva v chylomikronech cestou lymfatického systému. Toto absorbované množství tvoří asi 80 %. Dále je náš organismus schopen syntetizovat vitamin D₃ z jeho prekurzoru dehydrocholesterolu v kůži po ozáření UV světlem. Jelikož je vitamin D rozpustný v tucích, spadá pod enterohepatální oběh. Jeho molekuly jsou pak přenášeny transportními proteiny do cílových orgánů. Za nejdůležitější přenašeče při tomto transportu lze považovat alfa1-globulin, případně transkalciferin - vitamin D vázající protein (DBP). Oba tyto přenašeče jsou biologicky snadno dostupné. Mezi další typy transportérů vitamínu D se řadí např. i albuminy či lipoproteiny. Molekuly vitamínu, které nepodlehnu hydroxylaci, jsou následně uloženy do tukové tkáně [18].

5 TRANSPORT ŽIVIN PŘES TRÁVICÍ ÚSTROJÍ

Trávicí soustava je orgánová soustava, která zajišťuje především příjem potravy a vyloučení nestrávených či nepotřebných zbytků. Na přeměně látek se zúčastňuje trávením, které se dále dělí na mechanické a chemické, vstřebáváním živin a odstraňováním odpadních látek. Cílem této soustavy je získání maxima živin z potravy. Trávicí soustava u člověka je dlouhá 8 metrů, začíná ústním a končí řitním otvorem [9].

5.1 Orgány trávicí soustavy

Trávicí trubice

Její stěna má čtyři vrstvy – sliznici, podslizniční vazivo, svalovinu a povrchovou vnější vrstvu. Na trávicí trubici navazují další nezbytné orgány pro transport živin a trávicí proces [20].

Dutina ústní

Začíná jako štěrbina ústní a sahá až k hltanu. Je tvořena tvrdým a měkkým patrem, patrovými mandlemi, dásněmi, zuby a jazykem. Dutina ústní je neustále vlhčena slinami, které navlhčují a rozmělnují potravu. Sliny obsahují 99 % vody, organické a anorganické látky. Další složku tvoří enzymy, jako je například slinná amyláza, která štěpí ve vodě nerozpustné polysacharidy. Součástí slin je také mucin, který dodává potravě kluzkost a lysozym, který ničí bakterie a choroboplodné zárodky.

Zuby slouží k uchopování. Dělení a rozmělnění potravy. Chrup člověka má zuby různých tvarů a funkčně specializované. Chrup dospělého člověka je tvořen 32 zuby.

Jazyk je svalnatý orgán na spodině dutiny ústní. Obrací a posouvá potravu, obsahuje chuťové pohárky.

Hltan je součástí jak dýchací tak trávicí soustavy. Dělí se na nosohltan, ústní část hltanu a hrtanovou část [9,20].

Jícen

Trubice dlouhá 25cm o průměru 1,5cm. Při průchodu sousta se může roztáhnout až na dvojnásobný průměr. Ústí do žaludku a vykonává peristaltické pohyby. Peristaltika jícnu je velmi silná [20].

Žaludek

Uložen v dutině břišní pod levou brániční klenbou o objemu 1,5 dm³. Navazuje na jícn a funguje jako rezervoár potravy. Je vystlán válcovým epitelem, který tvoří četné trubicovité žlázy produkující žaludeční šťávu. Hlavní součástí žaludeční šťávy je kyselina chlorovodíková, která vytváří velmi kyselé prostředí o pH 1 a ničí choroboplodné zárodky. Dále pepsin, štěpící ve vodě nerozpustné bílkoviny na rozpustné polypeptidy a mucin, který vytváří ochranný povlak žaludku a chrání ho tak před natrávením vlastní žaludeční šťávou [9,20].

Tenké střevo

Dlouhé 3-5 m s bohatě řasenou sliznicí s klky. Tenké střevo má tři úseky: dvanáctník, lačník a kyčelník. Do dvanáctníků ústí vývody ze slinivky břišní. Lačník je místem intenzivního trávení. Kyčelník je místem, kde tenké střevo končí. V tenkém střevě probíhá hlavní a poslední etapa štěpení potravy [20].

Tlusté střevo

Konečný úsek trávicí trubice. Měří kolem 1,5 m a jeho šířka činí 5-7 cm. Začíná v pravé kyčelní jámě slepým střevem a to vybíhá v červovitý přívěsek. V tlustém střevě se dokončuje vstřebávání vody, některých iontů a vzniká zde stolice [20].

5.2 Průběh trávení

Jelikož většina přijaté potravy je pro člověka nevyužitelná, musí nejprve dojít k jejímu rozštěpení na jednoduché molekuly. Tento proces charakterizuje pojem trávení. Trávení zajišťují především enzymy GIT. Hlavním mechanismem je hydrolytický rozklad pomocí hydrolytických enzymů, které urychlují rozklad složitých molekul na molekuly jednoduché. Nejdůležitějším orgánem při procesu trávení je tenké střevo. Zde se vstřebá 80-90 % potravy, včetně vody. Způsob trávení se liší dle typu přijaté živiny. Proteiny se začínají štěpit v žaludku pomocí pepsinu na albumózy a peptony, které se dále štěpí za pomoci pankreatické šťávy, konkrétně trypsinem na peptidy. Dokončení trávení zajišťují enzymy střevní šťávy, kdy se bílkoviny rozštěpí na jednotlivé aminokyseliny. Trávení tuků probíhá v tenkém střevě účinkem enzymu lipázy. Tuky se štěpí na glycerol a mastné kyseliny. U sacharidů dochází k trávení již v ústech pomocí enzymu α -amylázy. K hlavnímu trávení

sacharidů ovšem dochází v tenkém střevě účinkem střevních a pankreatických šťáv. Složené cukry se štěpí na monosacharidy, hlavně glukózu [28].

6 TRANSPORT SACHARIDŮ

Sacharidy patří k těm nedůležitějším sloučeninám lidského organismu. Jsou to látky složené z uhlíku, obsahující několik hydroxylových skupin. Dle počtu cukerných jednotek je dělíme na monosacharidy, oligosacharidy a polysacharidy. Jsou to látky rozpustné ve vodě, většinou sladce chutnající a dodávající tělu potřebnou energii. Některé sacharidy mají také funkci strukturní, neboť vytváří podpůrnou část rostlinných a živočišných pletiv [15].

6.1 Nejdůležitější sacharidy z hlediska výživy

6.1.1 Monosacharidy

Jednoduché cukry, které se hydrolyzou již nedokážou rozložit na jednodušší sloučeniny. Jsou to polární sloučeniny, což zapříčiňuje jejich dobrou rozpustnost například ve vodě. Největší výskyt těchto cukrů je hlavně v ovoci a medu [21,22,23].

Glukóza – hroznový cukr, dextróza

Patří mezi nejdůležitější cukry, které naše tělo pro správnou funkci potřebuje. Řadíme ji mezi monosacharidy. Volně se glukóza vyskytuje v ovoci a medu. Používá se jako pohotovostní zdroj energie a člověka je volně obsažena v krvi [21].

Fruktóza – ovocný cukr, levulóza

Výskyt především ve sladkém ovoci, medu a také se jedná o monosacharid. Charakteristická pro svou výraznou sladkou chuť [21].

6.1.2 Oligosacharidy

Obsah 2-10 monosacharidových jednotek, které jsou dále spojené glykosidickou vazbou. Další užívaný název pro oligosacharidy je disacharidy [24].

Sacharóza – řepný cukr

Tvoří jej glukóza a fruktóza. Vyskytuje se hlavně v rostlinách. Má sladkou chuť a je to jediný neredukující sacharid [21,22,24].

Maltóza – sladový cukr

Tvořena dvěma glukózami. Je přítomna např. v klíčících semenech, sladu. Je produktem enzymatické hydrolyzy škrobu [21]

Laktóza – mléčný cukr

Strukturu tvoří glukóza a galaktóza. Je to cukr, který je obsažen v mléce savců a chutná podstatně méně, než sacharóza [21,22,24].

6.1.3 Polysacharidy

Přírodní polymery. Které obsahují více než 10 monosacharidových jednotek. Tyto jednotky pak mohou být vázány α nebo β glykosidovými vazbami [24].

Škrob

Rezervní látka rostlin složený z glukózy. Je tvořen amylozou a amylopektinem. Hlavním zdrojem tohoto polysacharidu jsou brambory, zelenina, obiloviny aj. [21,24].

Glykogen

Zásobní polysacharid živočichů. Jeho největší výskyt je převážně v játrech a svalech. Vzniká syntézou cukrů, které přijímáme v potravě, slouží tedy jako pohotový, ale vyčerpá-
telný zdroj energie [24].

6.2 Trávení a vstřebávání sacharidů

Hlavním úkolem je rozštěpit složitější molekuly (polysacharidy a disacharidy) na monosacharidy. Trávení začíná již v ústech pomocí slinné α amylázy a štěpí se zde škroby na dextriny. Zmíněné štěpení pokračuje dále přes jícen až do žaludku, kde je přítomná velmi kyselá žaludeční šťáva, která slinnou amylázu následně inaktivuje. V duodenu dochází ke štěpení dextrinů na disacharidy a v tenkém střevě se disacharidy rozštěpí na monosacharidy [7,31].

Tabulka č. 1: Disacharidázy tenkého střeva a produkty jejich štěpení [7]

ENZYM	DISACHARID	PRODUKT ŠTĚPENÍ
Maltáza, izomaltáza	Maltóza	Glukóza + glukóza
Laktáza	Laktóza	Glukóza + galaktóza
Sacharáza	Sacharóza	Glukóza + fruktóza

6.3 Transport glukózy přes buněčnou membránu

Jelikož má glukóza vysokou molekulovou hmotnost, nedokáže přes buněčnou membránu přestoupit prostřednictvím prosté difúze. Prostup glukózy umožňují glukózový transportéři (GLUT). Transport glukózy můžeme rozdělit na aktivní, označovaný též SGLT (sodium dependent glukose transporter) a pasivní, neboli umožněn facilitovanou difúzí. Směr transportu je u facilitované difúze určen gradientem koncentrace transportované látky. Jelikož se jedná o pasivní transport, musí být přítomné mechanismy, které udržují koncentrační gradient glukózy mezi extracelulárním a intracelulárním prostředím. Na jedné straně musí probíhat reakce, které snižují hladinu glukózy v buňce a na straně druhé reakce, které hladinu glukózy zvyšují [2,7].

Tabulka č. 2: Hlavní přenašečové systémy pro transport glukózy přes membránu [1]

Přenašeč	Hlavní lokalizace	Senzitivita k inzulinu	Poznámka
GLUT1	Erytrocyty, placenta	Ne	$K_m = 5-7$ mmol/l
GLUT2	Játra, ledviny, střevo	Ne	$K_m = 7-20$ mmol/l
GLUT3	Neurony CNS	Ne	$K_m = 1-2$ mmol/l
GLUT4	Srdce, kosterní sval	Ano	$K_m = 5$ mmol/l
GLUT5	Ledviny, tenké střevo	Ne	$K_m = 5$ mmol/l
SGLT1	Proximální tubul ledvin	Ne	Aktivní transport glukózy, malá kapaci- ta
SGLT2	Proximální tubul ledvin	Ne	Aktivní transport glukózy, vysoká ka- pacita

6.4 Glykolýza

Glykolýza je amfibolická reakce, při které je využívána glukóza. K její aktivaci dochází po příjmu potravy. Představuje také hlavní krok pro syntézu TAG nebo tvorbu ATP. Výchozím produktem u glykolýzy je pyruvát. Jeho osud ale závisí na tom, jak glykolýza probíhá. Průběh dělíme na aerobní a anaerobní. Za aerobních podmínek se většina pyruvátu přemění na acetyl-CoA a ten pak vstupuje do citrátového cyklu. Za podmínek anaerobních se pyruvát přeměňuje na laktát. Důležitost se příkládá také enzymům (např. hexokianáza, pyruvátkianáza a fosforuktokináza), které katalyzují nevratné reakce [7].

6.4.1 Aerobní glykolýza

Je to nejvýznamnější zdroj ATP pro mnohé tkáně, především pak pro systém nervový. Celkový energetický výtěžek je **38 molů ATP na jeden mol glukózy**. Aerobní glykolýza může být inhibována při zvýšené tvorbě acetyl-CoA z mastných kyselin, nebo v játrech při poklesu inzulínu. Aktivace nastává v pracujícím svalstvu, kdy dochází k nárůstu koncentrace vápenatých iontů [7].

6.4.2 Anaerobní glykolýza

Za těchto podmínek nedokáže pyruvát vstoupit do citrátového cyklu, jako je tomu u glykolýzy aerobní, a proto je možností pouze přeměna pyruvátu na laktát. Zisk anaerobní glykolýzy je **2 moly ATP na 1 mol glukózy**. Laktát je uvolněn do krevního oběhu [7].

6.5 Glukoneogeneze

U glukoneogeneze se glukóza tvoří z nesacharidových látek různého původu včetně látek, které vznikly katabolizmem sacharidů. Její důležitost spočívá hlavně pro udržení glykémie při velké fyzické zátěži, nebo při dlouhodobém hladovění. Lokalizací tohoto pochodu jsou především játra a ledviny. V játrech jsou exprimovány všechny potřebné enzymy. Hlavní substráty pro tuto reakci jsou laktát, glukoplastické aminokyseliny a glycerol. Mezi enzymy, které mají pro glukoneogenezi zásadní význam, řadíme: Pyruvátkarboxylázu, Fosfoenolpyruvátkarboxykinázu, Fruktózu-1-6,bisfosfát a Glukózu-6-fosfatázu [7].

6.6 Pentózafosfátový cyklus

Pentózafosfátový cyklus je lokalizován v cytosolu. V tomto cyklu se jedná o odbourávání glukózy z glukóza-6-fosfátu za vzniku NADPH, CO₂ a pentózanů. NADPH je důležitý při redukčních biosyntézách mastných kyselin a steroidů. V pentózovém cyklu vzniká také ribóza-5-fosfát, nezbytný k tvorbě nukleových kyselin [7].

7 TRANSPORT LIPIDŮ

Lipidy jsou estery mastných kyselin (MK) a glycerolu. Jsou to látky živočišného či rostlinného původu, které jsou nerozpustné ve vodě a rozpustné v organických rozpouštědlech. Lipidy patří z hlediska výživy k látkám dodávající tělu největší množství energie. Mají hlavně ochrannou a izolační funkci a v neposlední řadě vytváří prostředí pro vitaminy rozpustné v tucích (A, D, E, K).

Dle chemického složení dělíme lipidy na jednoduché a složené [10].

Jednoduché:

- a) Tuky a oleje – estery MK a glycerolu.
- b) Vosky – estery MK a vyššími jednosytnými alkoholy.

Složené:

- a) Fosfolipidy – estery MK a glycerolu či sfingeninu.
- b) Glykolipidy – estery MK, sfingeninu a sacharidové složky.
- c) Ostatní lipidy – sulfolipidy, aminolipidy apod.

Prekurzory a odvozené lipidy:

Patří sem především steroidy, glycerol, cholesterol a jeho estery a v tucích rozpustné hormony a vitaminy [28].

Neméně významnou roli hrají také mastné kyseliny (dále jen MK), které se vyskytují volné, nebo estericky vázané. MK se člení na nasycené a nenasycené. Tuky, které obsahují spíše nasycené MK, jsou za pokojových teplot tuhé (máslo, sádlo). Tuky s vysokým podílem nenasycených MK jsou tekuté (oleje). Nenasycené MK jsou šířeny do membrán a triacylglycerolů (TAG) tukové tkáně [1].

7.1 Trávení a vstřebávání lipidů

Trávení lipidů je poněkud náročný proces z důvodu jejich hydrofóbnosti. Na štěpení lipidů se podílí enzymy nazývané lipázy. Lipidy se stejně jako sacharidy tráví hlavně v tenkém střevě pomocí pankreatické lipázy a fosfolipáz A1, A2 a C. Hydrolyza lipidů přijatých ve stravě začíná v duodenu. Rozklad probíhá působením pankreatické šťávy, která obsahuje enzymy lipázu a fosfolipázu. Díky žlučovým kyselinám se tvoří z tukových kapének micely, které jsou potom přístupny trávicím enzymům, které je hydrolyzují na glycerol a mastné kyseliny. Mastné kyseliny v tenkém střevě přestupují do střevních buněk entero-

cytů. Jejich následný transport se liší podle délky mastných kyselin. Ty s krátkým a středním řetězcem se vstřebávají přímo do krve a ty s dlouhým se reesterifikují zpět na triacylglycerol. Jejich prostřednictvím se tuky transportují lymfatickým systémem a následně se dostávají do krve a do jater, kde jsou metabolizovány [32].

7.2 Transport lipidů

Transport lipidů přes buněčné membrány probíhá pomocí přenašečů (především přenašeče typu ABC (z anglického: ATP-Binding Cassete), které jsou k tomuto typu přenosu uzpůsobeny. K uskutečnění transportu je potřeba, aby byly lipidy nejdříve rozštěpeny na mastné kyseliny, které jsou pak uvolňovány do krevního oběhu. Transport mastných kyselin do cílových buněk probíhá usnadněnou a facilitovanou difúzí. Pomocí usnadněné difúze dojde ke vstupu mastné kyseliny do buňky a to na základně rozdílných koncentrací extracelulární a intracelulární tekutiny. Jakmile se MK dostane do buňky, je okamžitě aktivována na acyl-CoA. Poté dochází k jejich esterifikaci či navázání na přenašečové proteiny FABPs (z anglického: The fatty-acid-binding proteins), které pak MK dopraví do místa potřeby. Nejčastěji se MK transportují do mitochondrií, kde se také následně rozkládají [28].

Významnou a neméně důležitou roli při transportu lipidů, hraje cholesterol. Přenos cholesterolu probíhá mimo difúze také pomocí zmiňovaných přenašečových proteinů, konkrétně pak ABC-A1, který přenáší cholesterol z enterocytů do střeva, tudíž při tomto typu transportu hraje klíčovou roli [28].

8 TRANSPORT AMINOKYSELIN A PROTEINŮ

Charakteristika aminokyselin

Aminokyseliny jsou aromatické nebo alifatické kyseliny, obsahující nejméně jednu aminoskupinu. Tvoří strukturu proteinů. Dělíme je na esenciální, poloesenciální a neesenciální. Na základě náboje při pH 7,4 je lze dělit na: kyselé, zásadité a neutrální. Aminokyseliny jsou nesdílou součástí syntézy močoviny a také jsou potřeba k syntéze porfyrinů, purinů nebo pyrimidinů [7,24].

Charakteristika proteinů

Na proteiny jsou vázány veškeré životní funkce. Jsou základem enzymů, hormonů, myoglobinu, hemoglobinu a další významných látek. Proteiny jsou tvořeny 100-1000 aminokyselin propojených peptidovou vazbou. Vlastnosti proteinů jsou určeny jejich strukturou, která má 4 úrovně – primární, sekundární, terciární a kvartérní. Proteiny se nejčastěji vyskytují ve svalovině zvířat, ve vejcích a mléku [7,24].

8.1 Trávení a vstřebávání proteinů

Trávení bílkovin začíná v žaludku. Aby mohlo dojít k metabolismu proteinů, je potřeba jejich rozložení na jednodušší částice, což spočívá v hydrolytickém štěpení peptidové vazby. Jejich degradace začíná v žaludku a končí v tenkém střevě. Tohoto procesu se účastní mnohé proteolytické enzymy, např. pankreatické a gastrické. Vlastní trávení proteinů začíná působením aktivní formy pepsinogenu – pepsinu. K aktivaci pepsinogenu je potřeba kyseliny chlorovodíkové. Kyselina chlorovodíková denaturuje proteiny a udržuje optimální pH 1,6 - 3,2. Pepsin pak v žaludku rozštěpí proteiny na albumózy a peptony, které se pak dále štěpí pomocí pankreatické šťávy na jednotlivé peptidy. Konečnou fázi zajišťují enzymy střevní šťávy a peptony jsou rozštěpeny na aminokyseliny [19,26].

8.2 Transport aminokyselin přes buněčnou membránu

Správná regulace transportu AMK je nezbytná pro komplexní propojení metabolických funkcí jednotlivých orgánů do jednoho celku. Největší roli hraje rozdíl koncentrací AMK mezi intracelulární a extracelulární tekutinou. Většina AMK má koncentraci vyšší v intracelulární části aminokyselinového poolu. Dané systémy pro transport AMK se liší

hlavně strukturou proteinů, afinitou k aminokyselinám, případně způsobem regulace. Dle energetických nároků je dělíme na: Na^+ - dependentní a Na^+ - independentní [7].

Na^+ - independentní systémy umožňují transport pomocí proteinového kanálu ve směru koncentračních gradientů. Může se jednat o antiport, nebo o jednosměrný transport (po koncentračním gradientu). Pomocí antiportu se výměnou za AMK, které se v buňkách syntetizují, dostávají do buňky i proti koncentračnímu gradientu [7].

Na^+ - dependentní systémy získávají energii z elektrochemického gradientu. Elektrochemický gradient je tvořen Na^+ , K^+ - ATPázou. Afinitu pro danou skupinu AMK zvýší vazba Na^+ na specifické místo v molekule přenašeče. Tato vazba vede ke změně přenašečového komplexu a k translokaci Na^+ a AMK formou antiportu nebo symportu. Tento způsob transportu je velice rychlý a umožňuje vytvoření koncentračního gradientu AMK mezi intracelulární a extracelulární tekutinou. Kromě transportních systémů Na^+ se mohou účastnit také H^+ a K^+ [7].

Aminokyselinové transportní systémy zabezpečují přenos AMK, které mezi sebou soutěží o místa na přenašečích. Tento jev se uplatňuje při léčbě řady nemocí. Příkladem může být pokles BCAA a vzestup aromatických AMK v krvi u cirhózy jater [7].

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo zpracovat formou literární rešerše popis transportu živin v lidském organismu. Transport jako takový je velmi složitý proces, jelikož živiny, které přenáší, jsou komplexního charakteru s různou polaritou, aciditou a velikostí molekul. V předložené bakalářské práci jsou pak bližším způsobem popsány buněčné membrány a jejich struktura. Dále jsou specifikovány typy transportů hmoty přes membrány, a to jednak aktivní, pasivní a transport pomocí vezikul. Zvláštní pozornost se také věnuje transportu živin pře krev, jelikož je nejdůležitější kapalinou v lidském organismu. Z hlediska komplexnosti se pozornost věnuje také transportu vitamínu, a to zejména vitamínu C, B₁₂ a D. Tyto vitaminy jsou blíže specifikovány a popsány z hlediska jejich transportu. Bakalářská práce je zaměřena také na popis transportu živin přes trávicí ústrojí. Zde jsou popsány jednotlivé orgány trávicí soustavy a vlastní průběh trávení. V neposlední řadě se zabývá jednotlivými živinami, které jsou nesdílou součástí lidské stravy. Konkrétně jsou popsány sacharidy, tvořící významnou složku potravin. Pozornost je věnována vybraným monosacharidům, oligosacharidům a polysacharidům jednak z hlediska jejich výskytu a jednak z procesu trávení. V této souvislosti je v práci stručně naznačený také transport glukózy přes buněčnou membránu, glykolýza, pentózafosfátový cyklus a glukoneogeneze. Závěrem je zde uvedena problematika trávení a vstřebávání proteinů, aminokyselin a lipidů a jejich transport přes buněčnou membránu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ALBERTS, B., *Základy buněčné biologie: úvod do molekulární biologie buňky*. 2. vyd. Překlad Arnošt Kotyk, Bohumil Bouzek, Pavel Hozák. Ústí nad Labem: Espero, c1998, 1 sv. ISBN 80-902-9062-0.
- [2] TROJAN, S., *Lékařská fyziologie*. 4. vyd. přepr. a dopl. Praha: Grada Publishing, 2003, 771 s. ISBN 80-247-0512-5.
- [3] KANDEL, E., SCHWARTZ, J., JESSELL, T., *Principles of neural science*. 4th ed. New York: McGraw-Hill, Health Professions Division, c2000, xli, 1414 p. ISBN 08-385-7701-6.
- [4] NAVRÁTIL, L., *Medicínská biofyzika: pro lékařské fakulty*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2005, 524 s. ISBN 80-247-1152-4.
- [5] ŠIMEK, L., HRNČIŘÍK, J., *Fyzikální chemie II.*, Zlín, 2008, 19-21 s. ISBN 978-80-7318-69-7.
- [6] ZÁVODSKÁ, R., *Biologie buněk: základy cytologie, bakteriologie, virologie*. 1. vyd. Praha: Scientia, 2006, 160 s. ISBN 80-869-6015-3
- [7] HOLEČEK, M. *Regulace metabolismu cukrů, tuků, bílkovin a aminokyselin*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2006, 286 s. ISBN 80-247-1562-7.
- [8] KOOLMAN, J., RÖHM, K., *Barevný atlas biochemie*. 1. české vyd. Praha: Grada, 2012, XIV, 498 s. ISBN 978-802-4729-770.
- [9] NEČAS, O., *Obecná biologie pro lékařské fakulty*. 3., přeprac. vyd., V nakl. H. Jinočany: H, 2000. ISBN 978-808-6022-468.
- [10] JELÍNEK, J., ZICHÁČEK, V., *Biologie pro gymnázia: (teoretická a praktická část)*. 9. vyd. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 2007, 575 s. ISBN 978-80-7182-213-4.
- [11] MIŠURCOVÁ, L., *Základy biologie*. Zlín, 2006, 159 s. ISBN 80-7318-434-6.
- [12] KITTNAR, O., *Lékařská fyziologie*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011, 790 s. ISBN 978-802-4730-684.
- [13] KOČÁREK, E., *Biologie člověka*. vyd. Praha: SCIENTIA, 2002, 317 s. ISBN 978-80-86960-47-0.

- [14] HLÚBIK, P., OPLTOVÁ, L., *Vitaminy*. 1. vyd., Praha: Grada Publishing, a.s., 2004, 232 s. ISBN 978-80-247-6363-7.
- [15] COMBS, G. F. *The vitamins: fundamental aspects in nutrition and health*. 1st ed. Burlington: Elsevier Academic Press, 2008, 583 s. ISBN 9780121834937.
- [16] STIPANUK, M. H. *Biochemical, physiological and molecular aspects of human nutrition*. 2nd ed. Philadelphia: Saunders, 2006, 1212 s. ISBN 9781416002093.
- [17] GODAR, D., POPE, S., GRANT, W., et. al. Solar UV Doses of Young Americans and Vitamin D3 Production. *Environmental Health Perspectives*. 2011-08-18, vol. 120, č. 1, s. 139-143.
- [18] JABOR, A., OPLTOVÁ, L., *Vnitřní prostředí*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008, xxvi, 530 s. ISBN 978-802-4712-215.
- [19] HAMPL, F., PALEČEK, J., *Farmakochemie*. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 2002, 413 s. ISBN 80-708-0495-5.
- [20] ČIHÁK, R., *Anatomie 2*. 2. vyd. Praha: Grada Publishing, 2002, 470 s. ISBN 80-247-0143-X.
- [21] BLATTNÁ, J., RÖHM, K., *Výživa na začátku 21. století aneb o výživě aktuálně a se zárukou*. 1. české vyd. Praha: Společnost pro výživu, 2005, 79 s. ISBN 80-239-6202-7.
- [22] DOSTÁL, Jiří a Klaus-Heinrich RÖHM. *Lékařská chemie*. 2. zcela přeprac. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2005, 165 s. ISBN 80-210-3789-X.
- [23] MÜLLEROVÁ, D., RÖHM, K., *Zdravá výživa a prevence civilizačních nemocí ve schématech: z pohledu jednotlivce i populačních skupin*. 1. vyd. Praha: TRITON, 2003, 165 s. ISBN 80-725-4421-7.
- [24] VELÍŠEK, J., RÖHM, K., *Chemie potravin 1: z pohledu jednotlivce i populačních skupin*. 2. upr. vyd. Tábor: OSSIS, 2002, 331 s. ISBN 80-866-5903-8.
- [25] NEČAS, E. et al. *Obecná patologická fyziologie* 1. vyd. Praha: Karolinum, 2002, 377 s. ISBN 80-246-0051-X.
- [26] MASOPUST, J., PRŮŠA, R. *Patobiochemie metabolických drah*. 1. vyd. Praha: Univerzita Karlova, 2. lékařská fakulta, 1999, 182 s. ISBN 80-238-4589-6.

-
- [27] JACOBSEN, D. W., GLUSHCHENKO, A., The transcobalamin receptor, redux [online]. *Blood*, 2009, roč. 113, č. 1.
- [28] MURRAY, R. K., *Harperova biochemie: a LANGE medical book*. 23. vyd. Jinočany: H & H, 2002, 872 s. ISBN 80-731-9013-3.
- [29] BOWMAN, B., RUSSEL, R. M., *Present knowledge in nutrition*. 8th ed. Washington: ILSI Press, 2001, 805 s. ISBN 1578811074.
- [30] CHRISTENSEN, E. I., BIRK, H.. Megalin and cubilin: synergistic endocytic receptors in renal proximal tubule. *American Journal of Physiology – Renal Physiology*, 2001, roč. 280, č. 4.
- [31] NEČAS, E. et al. *Obecná patologická fyziologie* 1. vyd. Praha: Karolinum, 2002, 377 s. ISBN 80-246-0051-X.
- [32] BEELER, G., REUTER, H., Reconstruction of the action potential of ventricular myocardial fibres. *The journal of physiology*, 1977, 268, 177-210.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

TC I	Transcobalamin I.
TC II	Transcobalamin II.
TC III	Transcobalamin III.
cAMP	Cyklický adenosinmonofosfát.
P _i	Primární aktivní transport.
K ⁺	Draselný iont.
Cl ⁻	Vápenatý aniont.
A ⁻	Organický aniont.
mV	Milivolt.
CO ₂	Oxid uhličitý.
ATP	Adenosintrifosfát.
ADP	Adenosindifosfát.
AMK	Aminokyselina.
B ₁	Thiamin.
B ₂	Riboflavin.
GIT	Gastrointestinální trakt.
D ₃	Cholekalciferol.
DBP	Vitamin vázající protein.
cm	Centimetr.
m ²	Metr čtvereční.
μg	Mikrogram.
GLUT	Glukózový transportér.
SGLT	Označení pro aktivní transport.
mmol	Milimol.

TAG Triacylglycerol.

MK Mastná kyselina.

ABC ATP-Binding Cassete přenašeč.

FABPs The fatty-acid-binding protein.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1: Složení membrány.....	11
Obrázek č. 2: Rozdíl mezi transportními proteiny.....	14
Obrázek č. 3: Rozdíl mezi aktivním a pasivním transportem.....	22
Obrázek č. 4: Kyselina L-askorbová.....	25
Obrázek č. 5: Kobalamin.....	27
Obrázek č. 6: Schéma absorpce komplexu B ₁₂	28
Obrázek č. 7: Kalciferol.....	29

SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1: Disacharidázy tenkého střeva a produkty jejich štěpení.....	35
Tabulka č. 2: Hlavní přenašečové systémy pro transport glukózy přes membrány.....	36