

Fyziológia živočíšnej bunky

Iveta Herichová

Katedra živočíšnej fyziológie a etológie
Prírodovedecká fakulta
Univerzita Komenského Bratislava

1

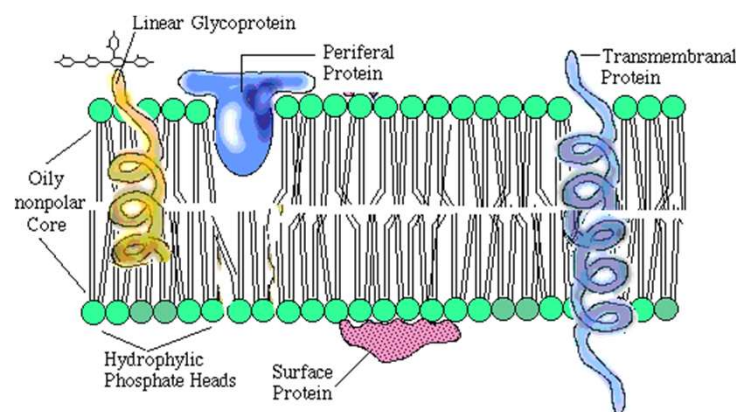
Membrána a prenos látok cez membránu

3. prednáška

2

- integrita bunky
- ochrana
- tvar

cytoplazmatická membrána NIE JE rigidná štruktúra



3

Fosfolipidy

Fosfolipidy (fosfatidy) - lipidy v ktorých je na jednu z hydroxylových skupín alkoholu (glycerol, sfingozín) naviazaná nie karboxylová kyselina, ale fosfoderivát cholínu, etanolamínu alebo serínu

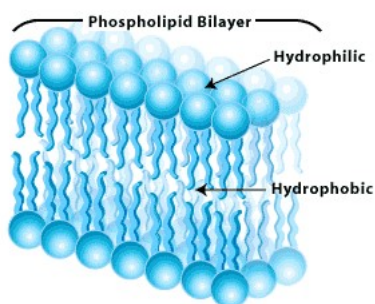
- fosfatidylcholín
- fosfatidyletanolamín
- fosfatidylserín

kyselina fosforečná - esterická väzba s alkoholom lipidu a esterická väzba s amínom

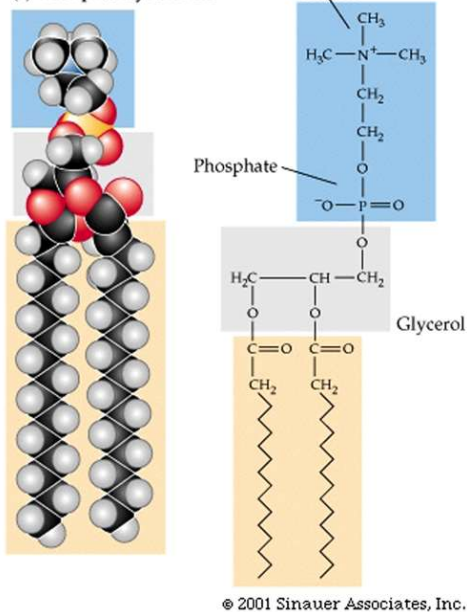
4

- dvojvrstva
- fosfolipidy
- fosfatidylcholín**
- hydrofilná časť
- hydrofóbná časť

Model

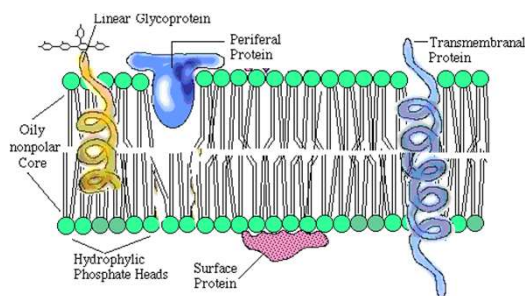


(a) Phosphatidyl choline



5

- hydrofóbná časť fosfolipidov tvorí vonkajšie povrchy membrány, viažu sa na ne glykolipidy a oligosacharidy
- hydrofóbnú časť fosfolipidov tvoria reťazce mastných kyselín, ktoré vytvárajú strednú vrstvu membrány



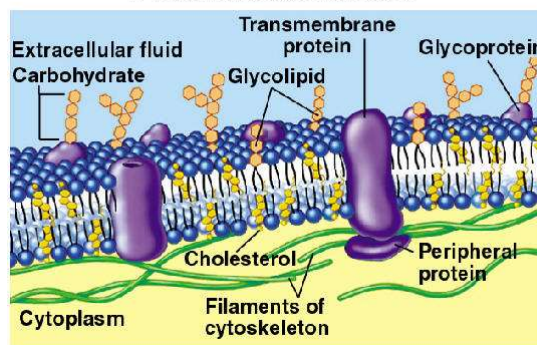
- proteíny môžu byť do membrány vnorené, alebo byť povrchovo situované
- tvoria 25-75 percent hmotnosti membrány
- tvoria štrukturálny základ iónových kanálikov, zaisťujú aktívny a spriahnutý transport, receptory

6

- dynamické zmeny v membráne popisuje model tekutej mozaiky
- podľa tohto modelu je membrána tvorená tekutou fázou lipidov, do ktorej sú mozaikovitým spôsobom zabudované globulárne proteíny. Proteíny lokalizované na povrchu membrány sa nazývajú periférne proteíny, proteíny, ktoré membránou prechádzajú sa nazývajú integrálne proteíny, proteíny sú v rámci membrány mobilné

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission is required for reproduction or display.

Fluid Mosaic Model



[VIDEO](#)

Lipidy

[Video](#)

proteíny

[Laser Tweezers](#)

7

- tekutosť LD - zloženie
- tekutosť LD - ako ľahko sa v nej lipidové molekuly pohybujú
- tekutosť musí mať vhodný fyziologický rozsah
- umožňuje membránovým proteínom v rovine membrány pohybovať sa a interagovať
- závisí (pri danej teplote) od zloženia fosfolipidov, predovšetkým od zloženia uhlíkatých reťazcov karboxylových kyselín
- dĺžka a stupeň nenasýtenosti reťazca
- C14-C24, najčastejšie C18-C20
- kratšie reťazce znižujú snahu reťazcov na konci interagovať navzájom, preto zvyšujú tekutosť membrány
- každá dvojité väzba vytvára nepravidelnosť v uhlovodíkovom reťazci – nižšia interakcia reťazcov – vyššia fluidita
- cholesterol znižuje tekutosť membrány, má krátke tuhé molekuly, ktoré vyplňujú medzery

8

- LM - asymetrická

- fosfolipidy – glykolipidy - proteíny (fyziologická funkcia)

Asymetria lipidov začína pri ich vzniku.

- nové fosfolipidové molekuly sú v bunkách syntetizované enzýmami naviazanými na membránu, ktoré ako substrát využívajú mastné kyseliny v dostupnej časti membrány, tie sa potom musia preklopiť do druhej vrstvy pomocou flipáz, ktoré sú selektívne pre niektoré fosfolipidy

- **mimobunkový priestor: fosfatidylcholín, sfingomyelín,**

- **cytozolový priestor: fosfatidylserín, fosfatidylinositol, fosfatidylethanolamin**

glykolipidové molekuly

- Golgiho aparát

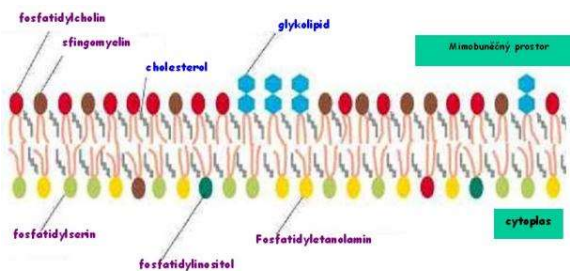
- pripájajú sa k necytozólovej

časti membrány, neexistujú

transportné systémy,

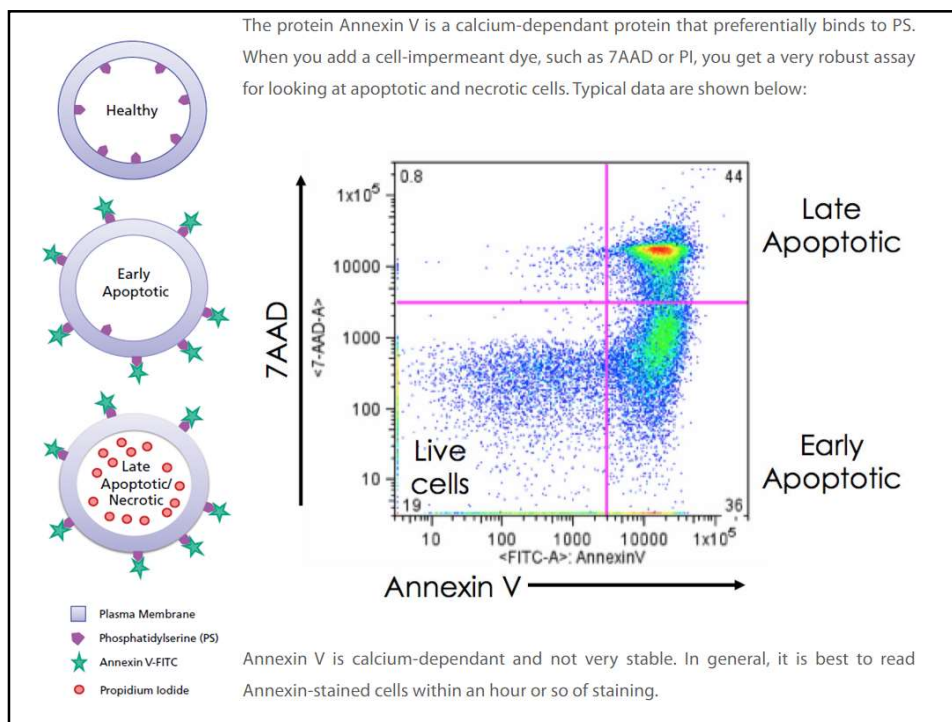
ktoré by ju preniesli do

opačnej vrstvy



Upraveno z ECB Fig 11-17

9



10

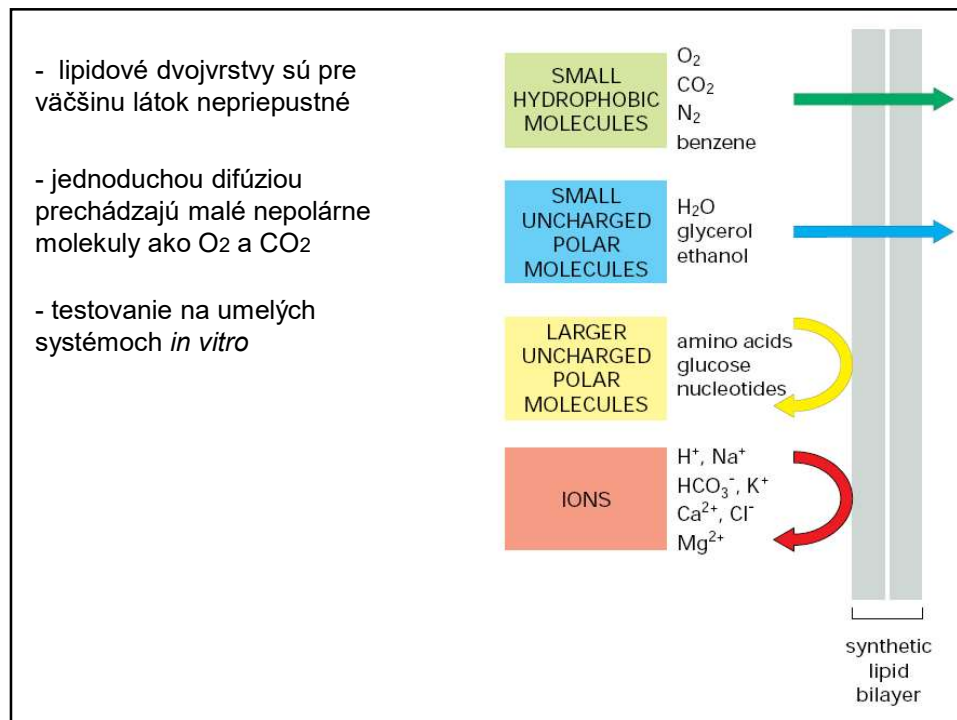
Early Apoptosis (Initiation & Early Execution)

- **Cellular Changes:** Cell shrinks, cytoplasm becomes dense, water content drops, microvilli disappear, and the cell detaches slightly from neighbors.
- **Biochemical Events:** Initiator caspases (like 8, 9) activate executioner caspases (like 3, 6, 7).
- **Detection:** **Annexin V** (binds phosphatidylserine) is positive, but the membrane is intact, so Propidium Iodide (PI) is negative (Annexin V+/PI-).
- **Key Feature:** Early stages might be reversible, involving DNA repair mechanisms.

Late Apoptosis (Dismantling & Clearance)

- **Cellular Changes:** Cytoskeleton fully degrades, leading to membrane invaginations and the formation of membrane-bound vesicles called **apoptotic bodies**, containing nuclear/cytoplasmic material.
- **Detection:** The membrane becomes compromised, allowing PI entry; cells are **Annexin V+/PI+**, similar to necrotic cells, but contents aren't released prematurely.
- **Key Feature:** These bodies are quickly engulfed by phagocytes (like macrophages) without inflammation, a hallmark of healthy cell removal.

11



12

Obrázek 12-7 Dvě složky gradientu elektrochemického potenciálu. Čistá hnací síla (gradient elektrochemického potenciálu), díky níž se nabitá částice solutu (ion) pohybuje přes membránu, je společným vlivem koncentračního gradientu solutu a napětí přes membránu (membránovým potenciálem). Šířka zelené šipky představuje velikost gradientu elektrochemického potenciálu pro stejný kladně nabitý solut ve třech různých situacích. V situaci (A) působí jen koncentrační gradient. V (B) je vliv koncentračního gradientu doplněn membránovým potenciálem, který zvětšuje hnací sílu. V (C) membránový potenciál snižuje hnací sílu, kterou vyvolává koncentrační gradient.

otázka

13

- membránové transportné proteíny je možné rozdeliť na dve skupiny
- prenášačové proteíny – na jednej strane naviažu a konformačnou zmenou premiestnia
- kanálové proteíny – vytvárajú v membránach hydrofilné póry, kadiaľ môžu látky difundovať, väčšinou len anorganické ióny

(A) CA

(B) CHANNEL PROTEIN

- koncentrácia iónov vo vnútri a v jej okolí sa líši
- ak by sa aktívne stav iónov v bunke neudržiaval, osmóza by spôsobila prasknutie buniek
- navyššiu koncentráciu v extracelulárnom priestore dosahujú molekuly Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Cl^- a H^+
- bunka udržuje nízku koncentráciu Na^+ tým, že ho pumpuje von
- vo vnútri bunky je v najväčšom zastúpení K^+

14

tabuľka, kde sú porovnané koncentrácie iónov vonku a vo vnútri bunky 12-1

Tabuľka 12-1 Srovnání koncentrací iontů uvnitř a vně typické savčí buňky

Složka	Koncentrace uvnitř buňky (mM)	Koncentrace v okolí buňky (mM)
Kationty		
Na ⁺	5–15	145
K ⁺	140	5
Mg ^{2+*}	0,5	1–2
Ca ^{2+*}	10 ⁻⁷	1–2
H ⁺	6,3 × 10 ⁻⁸ M neboli pH 7,2	4,0 × 10 ⁻⁸ M neboli pH 7,4
Anionty		
Cl ⁻	5–15	110
Vázané anionty**	vysoká	0

* Koncentrace Ca²⁺ a Mg²⁺ je udána pro volné ionty v cytosolu. Tyto ionty se v buňkách vyskytují v celkové koncentraci asi 20 mM Mg²⁺ a 1–2 mM Ca²⁺, ale většina z tohoto množství je vázána na proteiny a jiné látky, a proto nemůže opustit buňku. Většina z celkového množství Ca²⁺ je uložena v různých organelách.

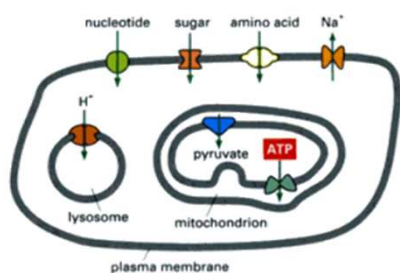
** Vázané anionty jsou záporně nabitě malé a velké organické molekuly uvězněné v buňce, které nemohou projít plasmatickou membránou.

15

- kladné a záporné ióny sú v bunke takmer vyvážené
- malý prebytok záporného náboja vo vnútri bunky a kladného náboja vonku
- vysoká koncentrácia Na⁺ v okolí bunky je vyvažovaná najmä extracelulárnymi iónmi Cl⁻
- vysokú koncentráciu K⁺ vo vnútri bunky vyrovnávajú intracelulárne ióny:
- väčšina intracelulárnych zložiek bunky je záporne nabitá: Cl⁻, HCO³⁻, PO³⁻⁴, HPO²⁻⁴, organické metabolity nesúce záporne nabité fosfátové a karboxylové skupiny (vrátane proteínov a nukleových kyselín)

Otázky o elektrickom a chemickom gradiente

16



transport látok bunkovými
kompartimentami 12-3

Figure 12-5 Each cell membrane has its own characteristic set of carrier proteins.

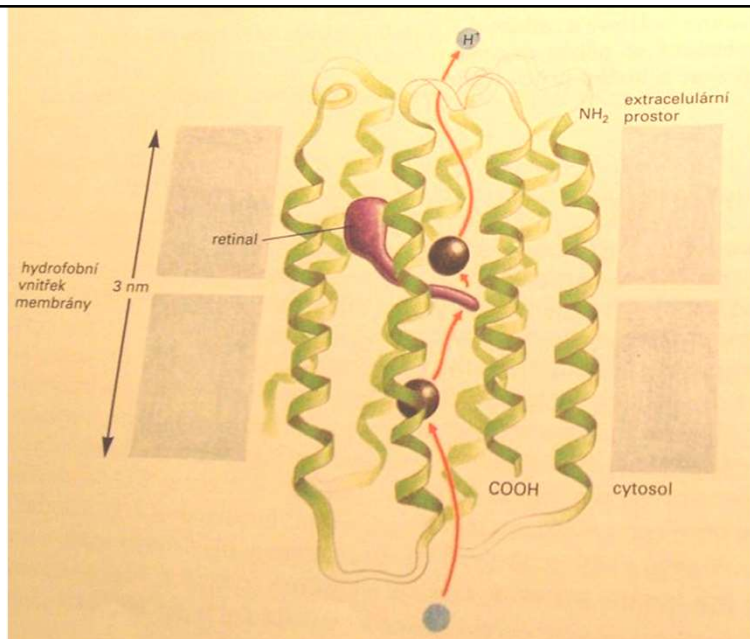
- transmembránové proteíny prechádzajú membránou viac krát –
mnohonásobne transmembránové proteíny

- predpokladá sa, že závitnice aminokyselín utvoria kanálik, kadiaľ
prebieha transport

otázka

- kanálové proteíny selektujú transportovanú molekulu na základe veľkosti
a elektrického náboja, keď je kanálik otvorený, dostatočne malé molekuly
s rovnakým nábojom môžu prekíznuť

17



trojrozmerná štruktúra proteínu

12-4

18

- čo poháňa transport?

- pasívny transport (resp. uľahčená difúzia) využíva rozdiel v koncentrácii danej látky, a pokiaľ je v membráne vhodný kanál alebo prenášačový proteín, bude prebiehať bez výdaja energie

- na prenos látky proti koncentračnému gradientu musí transportný proteín spriahnuť túto reakciu s inou reakciou, ktorá energiu poskytne – aktívny transport

- aktívny transport sa delí na **primárny**, ktorý spotrebováva ATP priamo, alebo **sekundárny**, kedy bola ATP spotrebovaná v predchádzajúcom spriahnutom kroku, ale nie priamo počas transportu

Príklady:

v pečenej bunkách existuje prenášač glukózy, proteín, ktorý 12 krát prechádza membránou, keď je po jedle dostatok glukózy v okolí pečenej bunky, molekuly glukózy sa naviažu k väzobným miestam a prenášač ich prenesie do bunky; tento transport je pasívny a vysoko selektívny len pre D-glukózu

v tráviacom trakte sa glukóza transportuje sekundárnym aktívnym transportom z lumen čreva a pasívne na bazálnej membráne

19

- veľmi často antitransport so sodíkom, bunka prenáša von Na^+ ióny za spotreby ATP, vytvorí elektrochemický potenciál a tento potenciál využije na transport inej molekuly do bunky

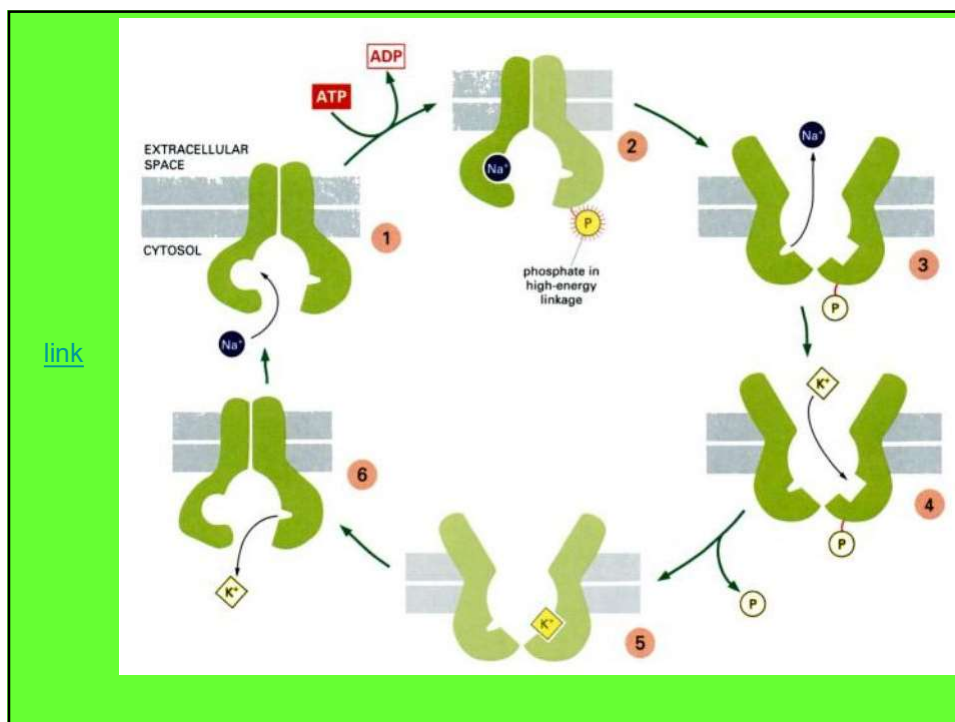
- sodíková pumpa - transportný proteín a enzým (štiepi ATP)

- spotrebuje často aj 30 percent energie v bunke

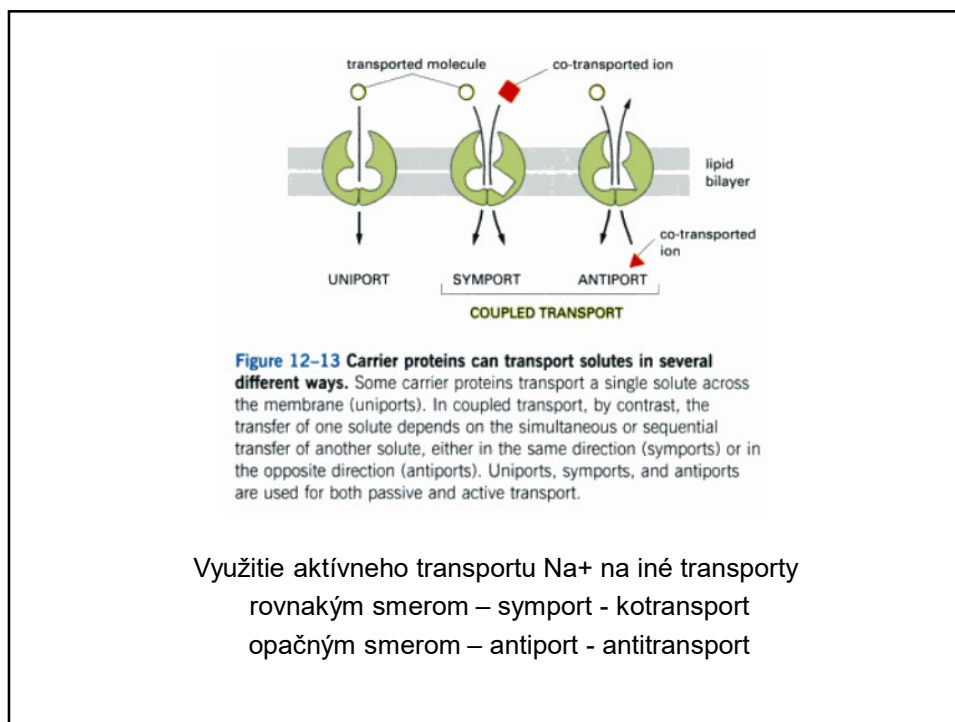
- po naviazaní Na^+ na proteín sa fosforyluje vnútorná strana proteínu; dôjde ku konformačnej zmene, ktorá prenesie Na^+ cez membránu, tam dôjde k naviazaniu K^+ a po defosforylácii sa znovu zmení konformácia a K^+ je prenesený do bunky

- sú tu 3 väzobné miesta pre sodík a dve pre draslík

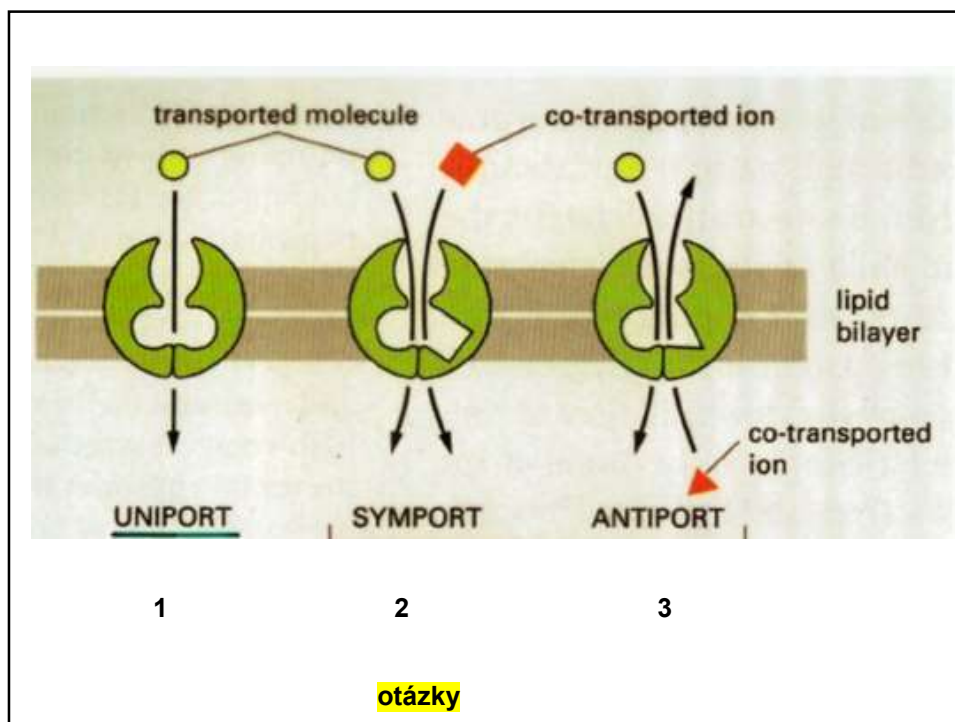
20



21



22



23

Otázky o elektrickom a chemickom gradiente

kludový potenciál

Kľudový potenciál:

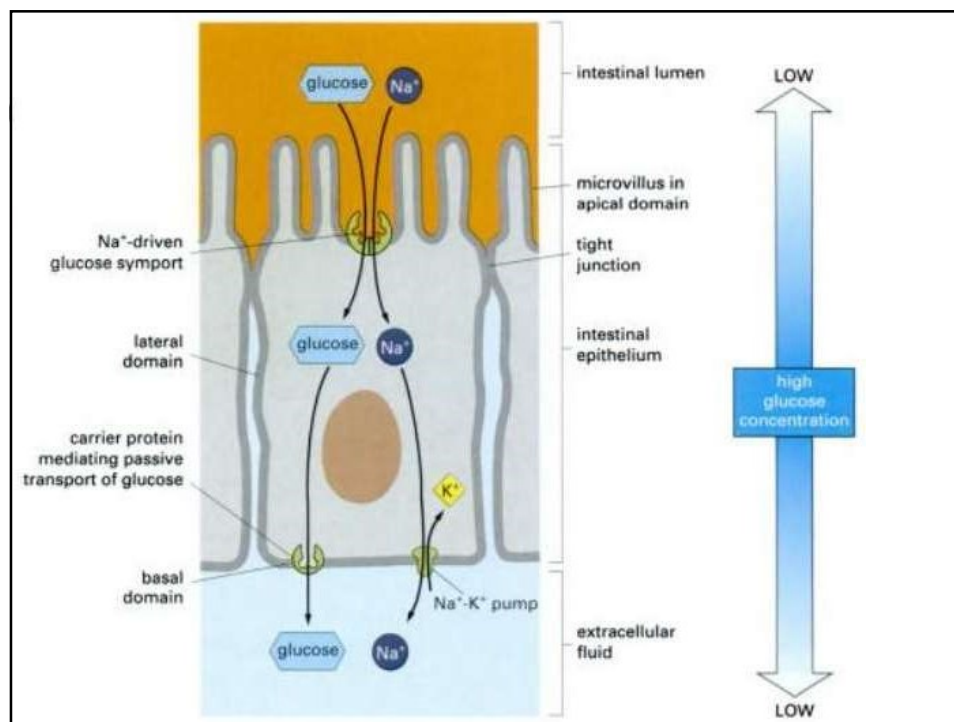
- 50 až – 90 mV <http://www.youtube.com/watch?v=MhSfQio8mp0>
- príčinou kľudového potenciálu je nerovnomerné rozloženie intracelulárnych a extracelulárnych iónov
- uplatňujú sa K^+ , Na^+ , Cl^- a fixné anióny bielkovín
- prostredníctvom aktívneho trasportu je Na^+ trvale čerpaný von z bunky výmenou za K^+ (3 Na^+ von a 2 K^+ do bunky)
- následkom toho je koncentrácia K^+ 35 krát vyššia vo vnútri bunky a koncentrácia Na^+ je 20 vyššia v extracelulárnej tekutine než v bunke
- anióny bielkovín a fosfátov nemôžu bunku opustiť pasívnou cestou, membrána je pre ne nepriepustná
- kľudová membrána je pre K^+ , ktorý je aktívne kumulovaný v bunke, relatívne dobre priepustná, preto K^+ difunduje podľa koncentračného spádu von zatiaľ čo nedifuzibilné anióny zostávajú vnútri
- tým vzniká malý potenciálový rozdiel medzi vnútorným a vonkajším povrchom
- za kľudových podmienok je membrána málo priepustná pre Na^+ , preto nemôže kompenzovať elektrický potenciál
- membrána je relatívne dobre priepustná pre Cl^- , Cl^- difunduje von z bunky proti koncentračnému gradientu vďaka narastajúcemu potenciálu
- napokon sa ustáli rovnovážny potenciál pre K^+ a Cl^- daný silou elektrických a chemických potenciálov pre oba ióny

24

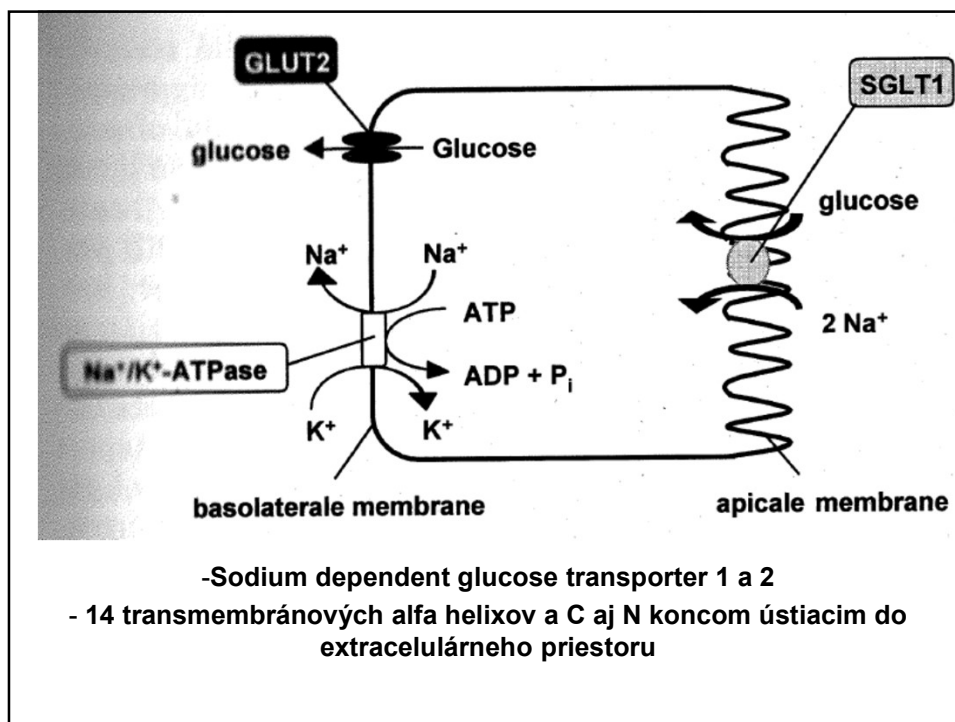
Transport látok v čreve:

- z lumenu: glukóza a galaktóza aktívnym sodíkovým kotransportom
- do paracelulárnych priestorov: glukóza a galaktóza uľahčenou difúziou
- fruktóza z lumenu uľahčenou difúziou
- koncentračný spád pre Na^+ je udržiavaný $\text{Na}^+\text{-K}^+$ ATPázou v bazolaterálnej membráne

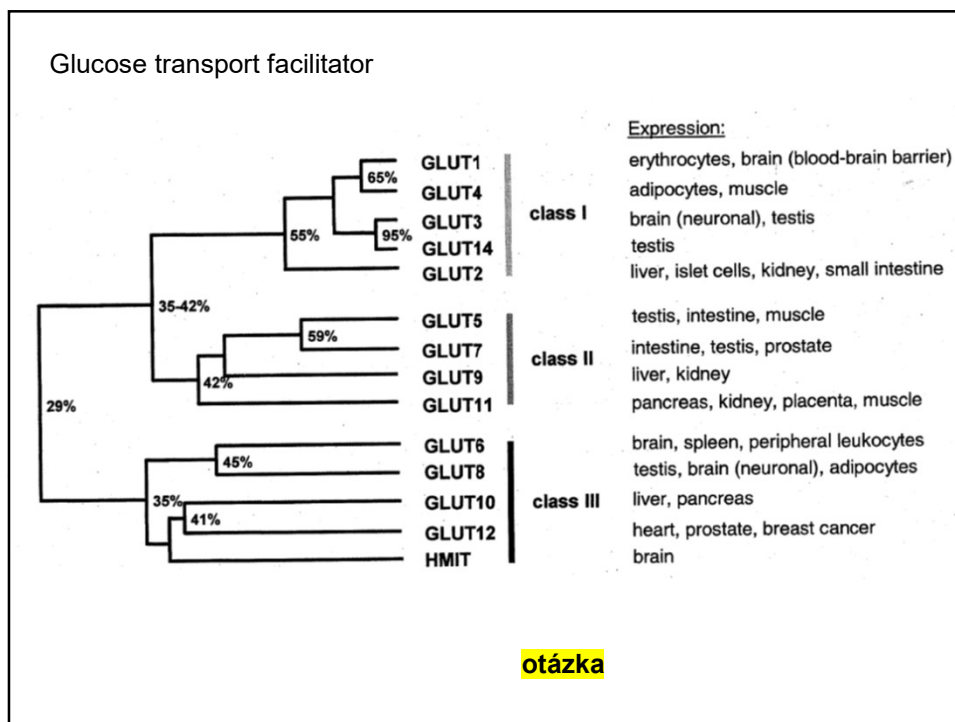
25



26



27



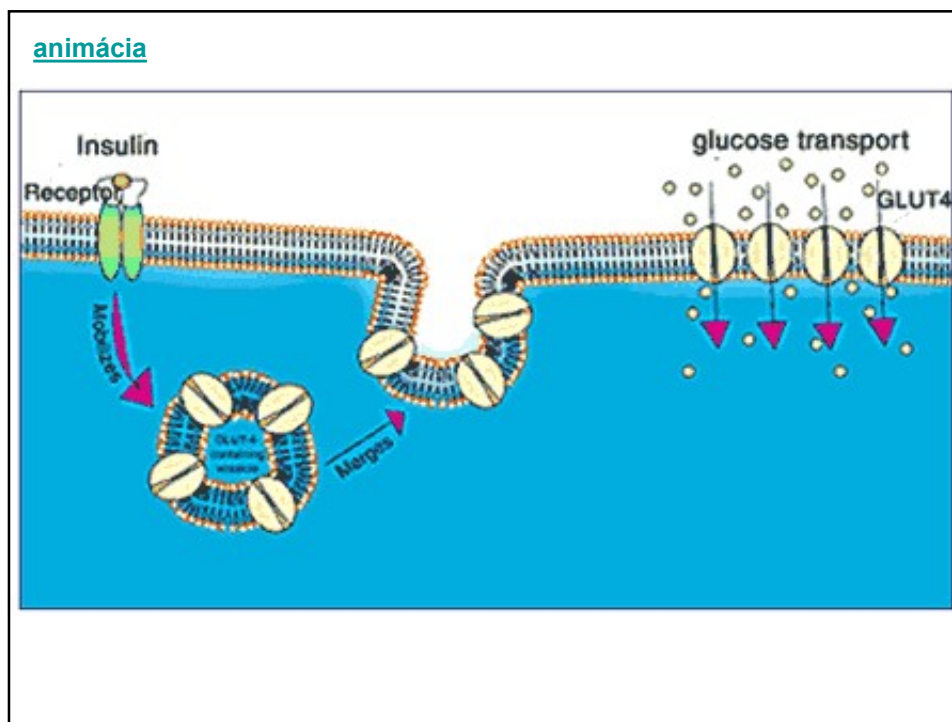
28

Table 1. The glucose transporter (GLUT) family of facilitative sugar and polyol transporters (gene name)

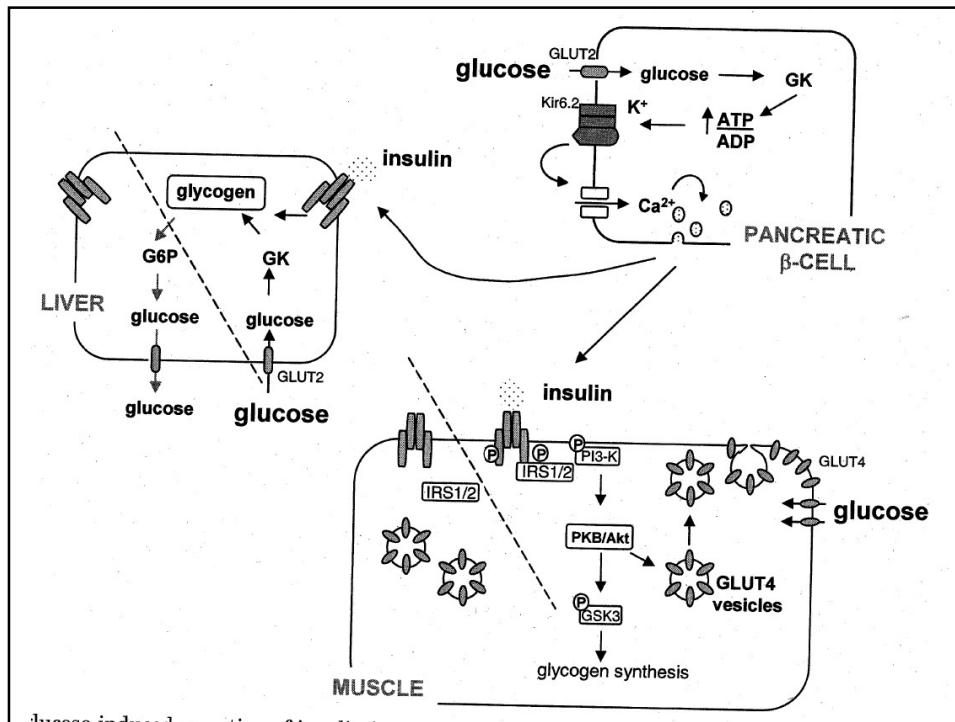
Isoform	Previous name	Class	Main tissue localization	Insulin sensitive?	Functional characteristics (transport)	Present in skeletal muscle?*	Present in white adipose tissue?*
GLUT1	–	I	Erythrocytes, brain, ubiquitous	No	Glucose	Yes	Yes
GLUT2	–	I	Liver, pancreas, intestine, kidney	No	Glucose (low affinity); fructose	No	No
GLUT3	–	I	Brain	No	Glucose (high affinity)	No	Yes (m)
GLUT4	–	I	Heart, muscle, WAT, BAT, brain	Yes	Glucose (high affinity)	Yes	Yes
GLUT5		II	Intestine, testes, kidney	No	Fructose; glucose (very low affinity)	Yes	Yes
GLUT6	GLUT 9	III	Brain, spleen, leucocytes	No	Glucose	No	n.d.
GLUT7		II	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
GLUT8	GLUT X1	III	Testes, brain and other tissues	No (yes in blastocytes)	Glucose	Yes (m)	Yes (m)
GLUT9	GLUT X	II	Liver, kidney	n.d.	n.d.	No	n.d.
GLUT10		III	Liver, pancreas	No	Glucose	Yes (m)	n.d.
GLUT11†	GLUT 10	II	Heart, muscle	No	Glucose (low affinity); Fructose (long form)	Yes (m)	No
GLUT12	GLUT 8	III	Heart, prostate, muscle, small intestine, WAT	Yes	n.d.	Yes	Yes
HMIT		III	Brain	n.d.	H ⁺ -myo-inositol	No (m)	Yes (m)

WAT, white adipose tissue; BAT, brown adipose tissue; m, mRNA only; n.d., not determined; HMIT, H⁺-coupled myo-inositol transporter.
 * The presence of each transporter in skeletal muscle and WAT is shown since these are the major sites of insulin-stimulated glucose uptake.
 † GLUT11 occurs in two splice variants: a short form (low-affinity glucose transport) and a long form (which may be a fructose transporter).

29



30



31

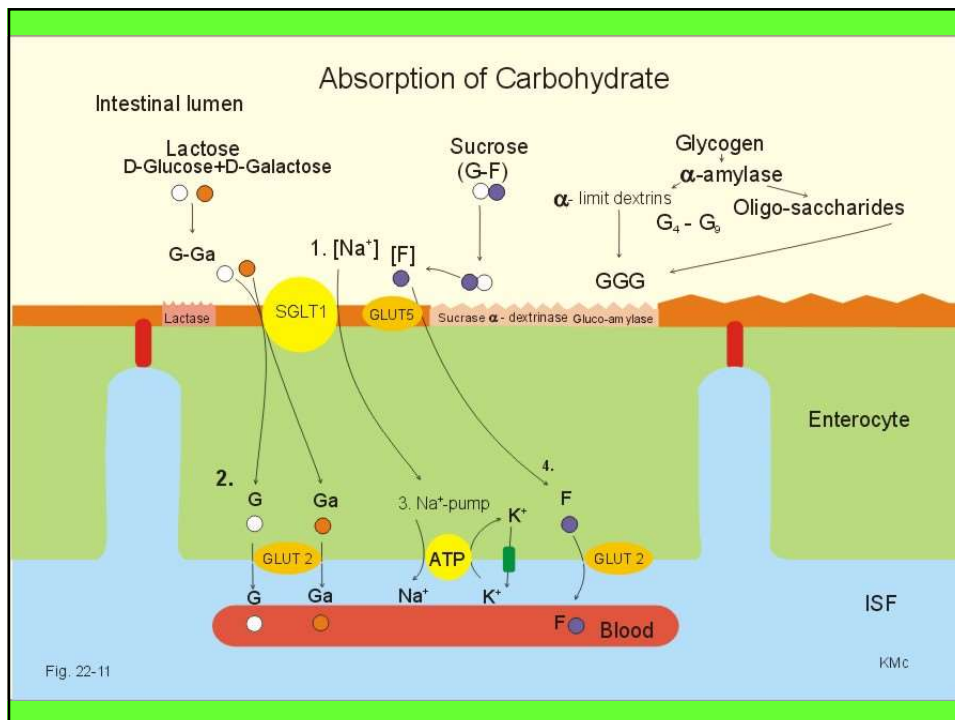
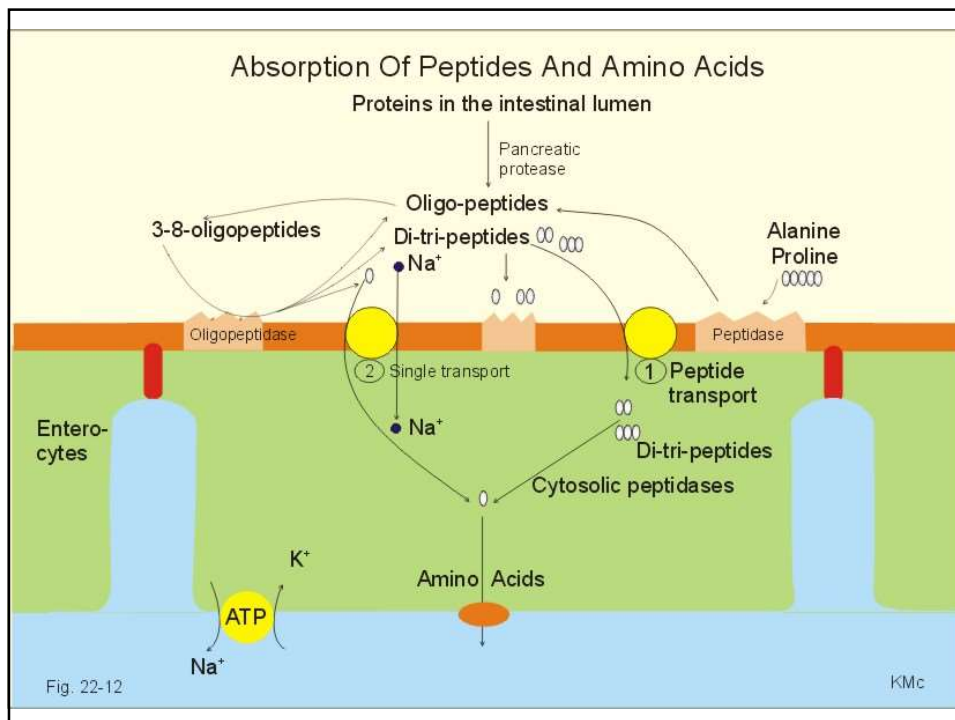


Fig. 22-11

KMc

32



33

- proteíny sa resorbujú ako dipeptidy, tripeptidy a aminokyseliny
- popisujú sa viaceré aktívne transportné systémy závislé na kotransporte s Na⁺ a uľahčenou difúziou na bazolaterálnej membráne

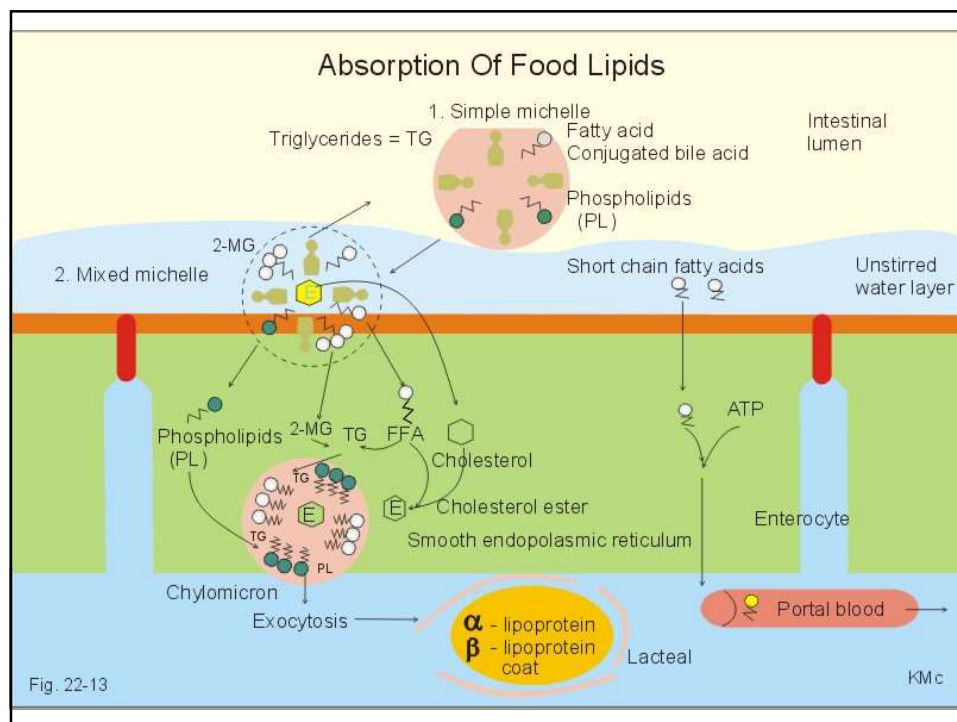
Otázka

34

Transport látok v čreve:

- glycerol a vyššie mastné kyseliny sú súčasťou micel, odtiaľ difundujú do enterocytov, žlčové kyseliny ostávajú v chýme
- po vstupe do enterocytov sa z glycerolov a vyšších mastných kyselín vytvárajú nové triacylglyceroly, spolu s inými látkami (cholesterol, bielkoviny, fosfolipidy) tvoria chylomikróny (exocytóza), ktoré bazálnou membránou prestupujú do lymfatických ciev
- pre mastné kyseliny s dlhým reťazcom pravdepodobne existuje špecifický mechanizmus
- resorbcia vitamínov A, D, E, K súvisí s resorpciou tukov

35



36

Transport hematoencefalickou bariérou

Hematoencefalická bariéra

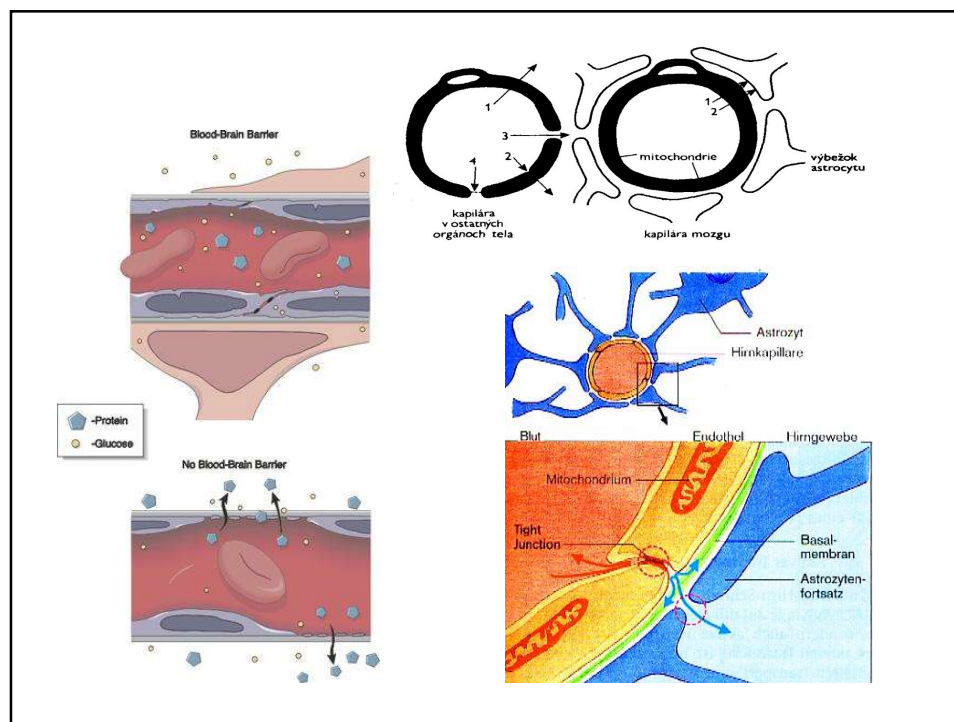
Morfologický podklad:

1. "tight junctions" medzi endotelovými bunkami kapilár
2. absencia fenestrácií
3. nízka aktivita transportných vezikúl a pinocytózy
4. veľmi tesný kontakt medzi výbežkami astrocytov a kapilárami (žiadny perikapilárny priestor)

Funkčné súvislosti:

- bunková polarita a asymetria membrány (transport mozog – krv)
- obmedzený prestup makromolekulárnych látok
- transcelulárny transport nízkomolekulárnych látok

37



38

Transportné mechanizmy hematoencefalickej bariéry

1. difúzia a iónové kanály:

lipofilné látky, malé neutrálne molekuly ako O_2 , CO_2 , voda, niektoré ióny

2. aktívny transport:

je stereotaktický (do mozgu sa transportuje D-glukóza, nie však L-glukóza)

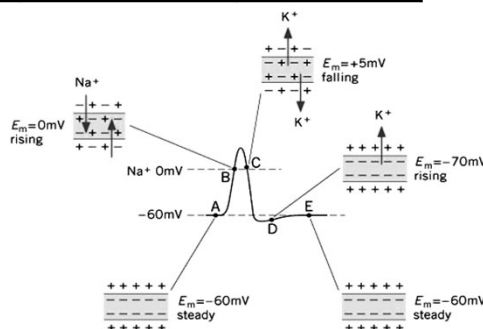
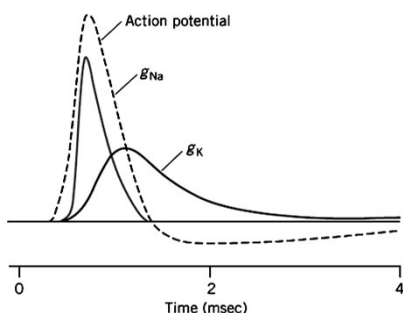
transportujú sa: hexózy, monokarboxylové kyseliny (laktát), aminokyseliny, puríny (adenín), nukleozidy, na abluminálnej membráne je lokalizovaná Na^+ - K^+ pumpa – transport Na^+ do likvoru a K^+ do krvi

3. enzymatické systémy:

transport niektorých aktívnych látok ako sú serotonín a acetylcholín sú čiastočne blokované enzýmami endotelových buniek

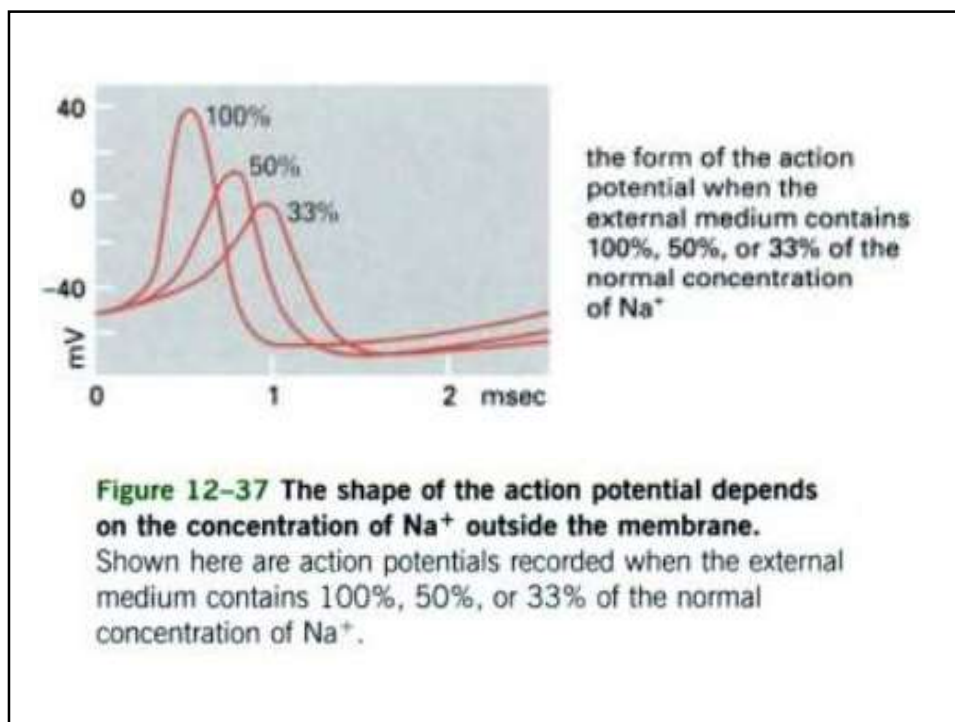
39

intracelulárne		extracelulárne	
Na^+	12 mmol/l	Na^+	145 mmol/l
K^+	155 mmol/l	K^+	4 mmol/l
Ca^{2+}	10^{-8} - 10^{-7} mol/l	Ca^{2+}	2 mmol/l
Cl^-	4 mmol/l	Cl^-	120 mmol/l
HCO_3^-	8 mmol/l	HCO_3^-	27 mmol/l
A^-	155 mmol/l		
kľudový membránový potenciál	-90 mV		



Na^+ - K^+ ATP dependentná pumpa transportuje 3 Na^+ von a 2 K^+ do bunky

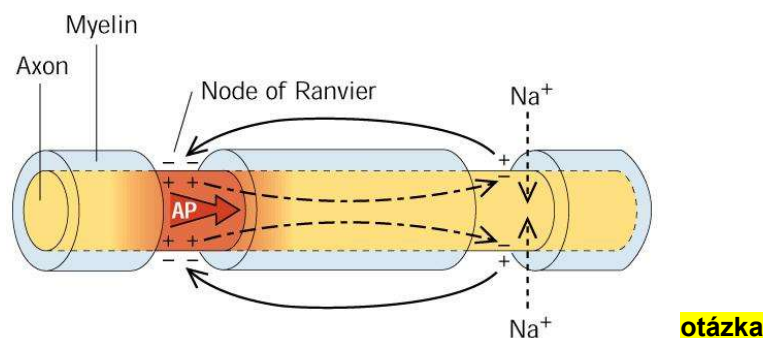
40



41

Vedenie vzruchu v myelinizovaných vláknach:

- saltatórne vedenie vzruchu
- u myelinizovaných vlákien dráždi lokálny prúd nervovú membránu až v najbližšom Ranvierovom záreze (nódiu)
- na rozdiel od internódia je membrána bohato obsadená napäťovo riadenými iónovými kanálíkmi a preto len tu dochádza k depolarizácii
- vzruch preskakuje značné úseky nervového vlákna 0,3-1,2 nm – tým sa jeho vedenie zrýchľuje a je energeticky efektívnejšie
- myelínová pošva bráni preskakovaniu vzruchu z jedného axónu na druhý
- rýchlosť vedenia vzruchu je vyššia u hrubšieho vlákna ako u tenšieho



42

	Dráždivá (nevodivá) membrána	Vzrušivá (vodivá) membrána
Reaktibilnosť na podnety	dráždivá <u>chemicky</u>	dráždivá <u>elektricky</u>
Zmena polarizácie	depolarizácia aj hyperpolarizácia	len depolarizácia
Podstata zmeny polarizácie	zväčšenie priestupnosti pre Na^+ (depolarizácia, EPSP) alebo K^+ a Cl^- (hyperpolarizácia, IPSP)	zväčšenie priepustnosti pre Na^+ (spúšťacia úroveň → akčný potenciál)
Časový priebeh odpovede	odpoveď spojitá, stupňovaná, dlhá latencia, sumácia EPSP a IPSP	odpoveď „ všetko alebo nič “, krátka latencia (absolútna a relatívna refraktérna fáza)
Elektrografický prejav	pomalý potenciál (desiatky ms)	hrot (spike) – ms alebo zlomky ms
Propagácia	nešíri sa	šíri sa
Farmakol. ovplyvnenie	citlivosť na farmaká	malá citlivosť na farmaká
Vzájomné vzťahy	ovplyvňuje vzrušivú membránu v susedstve (na určitej úrovni depolarizácie vzniká vzruch 15 mV)	spôsobuje sekréciu mediátora na synapse
Výskyt vo vzrušivých štruktúrach	postsynaptická membrána, značná časť povrchu sômy, dendrity	axón, svalové vlákno, časť sômy (axónový hrbolček)

43

Molekulárne mechanizmy učenia

model - Aplysia californica

Dlhodobá implicitná pamäť

senzibilizácie a klasického podmieňovania zahŕňa cAMP-PKA-MAPK-CREB cestu:

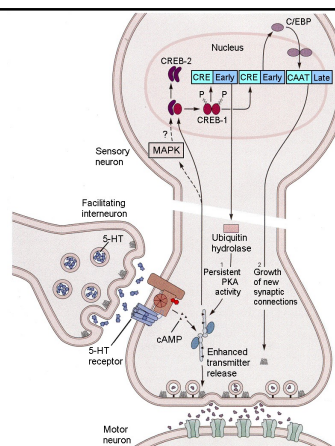
-jedna séria impulzov
 -5 sérií impulzov – efekt trvá niekoľko dní a vyžaduje si syntézu proteínov

-mení sa sila synapsií na viacerých miestach vrátane prepojenie senzorického a motorického neurónu

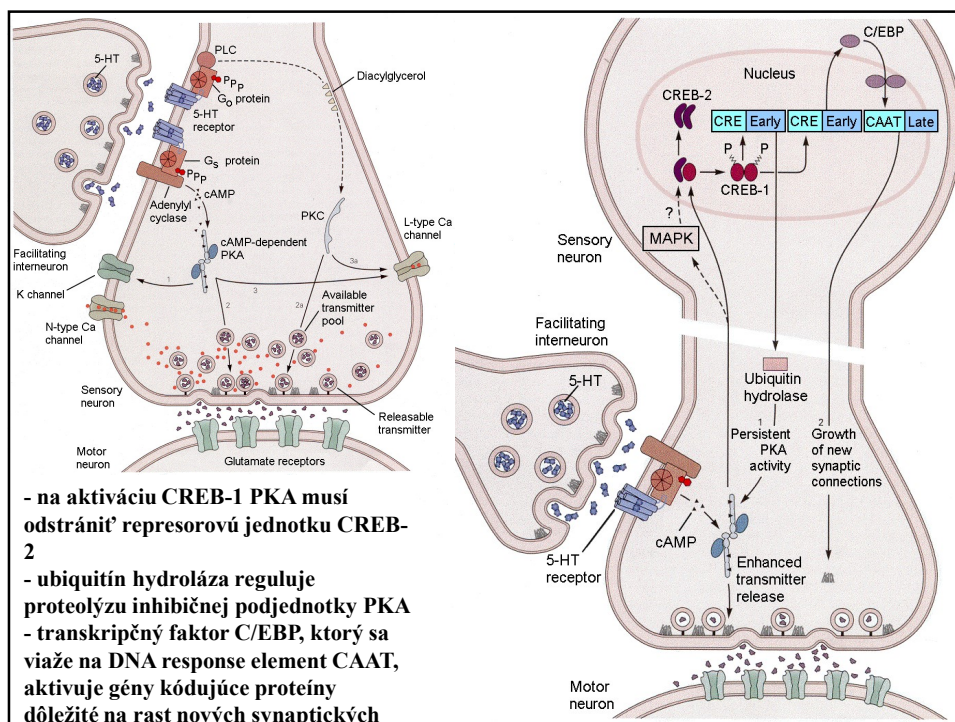
- zvyšuje sa výdaj neurotransmiteru 5-HT

- cAMP a PKA participujú

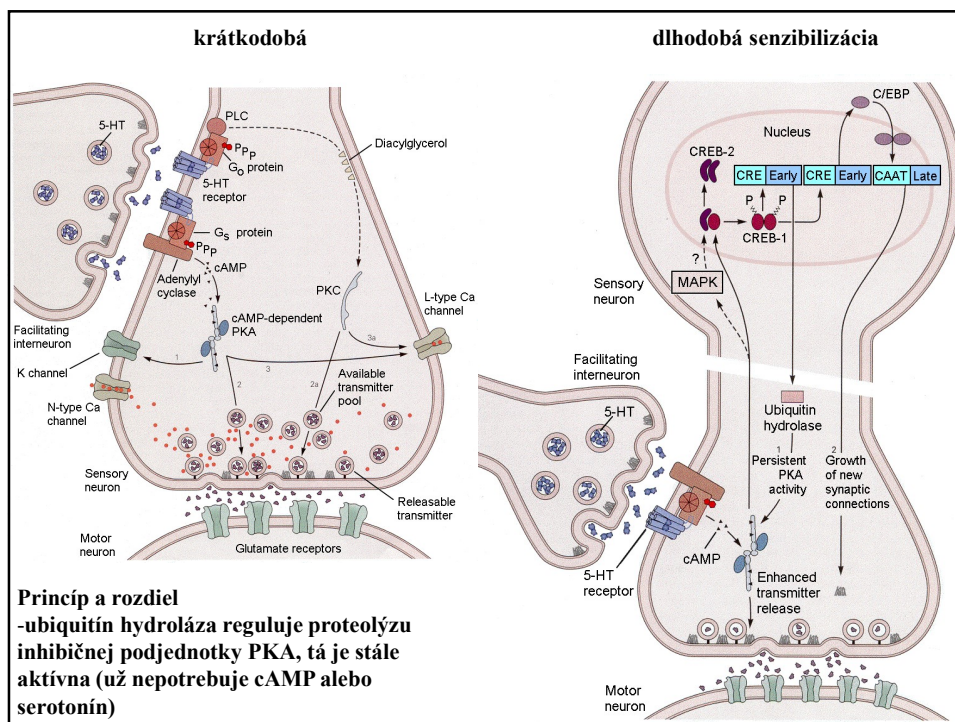
- začína syntéza proteínov a expresia mRNA a rast nových synapsií



44



45



46

Dlhodobá SENZIBILIZÁCIA

zahŕňa presynaptickú facilitáciu synaptickej transmisie

1. 5-HT je vylučovaný presynaptickým neurónom, viaže sa na Gs receptory, zvyšuje aktivitu adenylát cyklázy, ktorá konvertuje ATP na cAMP, cAMP aktivuje cAMP-dependentnú proteín kinázu A (PKA)

- PKA fosforyluje K^+ kanály, zatvára ich, čo má za následok predĺženie akčného potenciálu

- stimuluje mobilizáciu vezikúl obsahujúcich transmitter v aktívnej zóne

- L-tyt Ca^{2+} sú otvorené

2. 5-HT sa viaže na G receptory, aktivuje fosfolipázu C. Fosfolipáza C štiepi fosfatidylinozitol-bisfosfát na inozitol trifosfát a diacylglycerol. Diacylglycerol aktivuje proteín kinázu C – tá má vplyv na mobilizáciu vezikúl v aktívnej zóne a L-tyt Ca^{2+} kanálikov udržiava otvorený

3. PKA je spolu s mitogen-activated kinase (MAPK) translokovaná do jadra, kde PKA fosforyluje **cAMP-response element binding protein** (CREB)

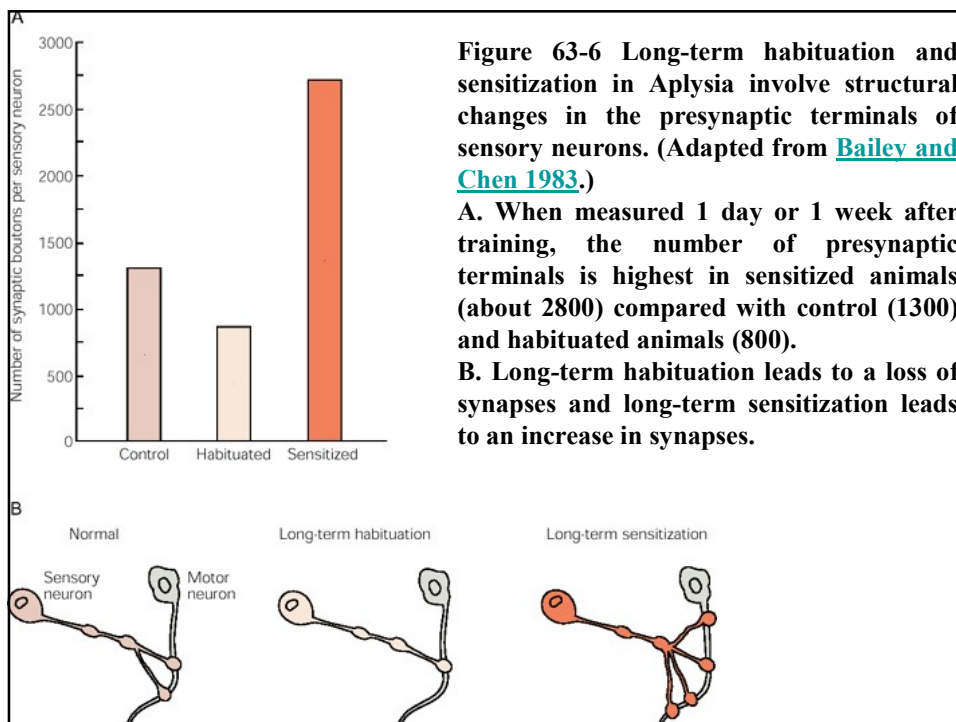
4. transkripčné aktívatory CREB sa viažu na cAMP-response element (CRE) nachádzajúce sa dvoch typoch cAMP inducibilných génov

5. na aktiváciu CREB-1 PKA musí odstrániť represorovú jednotku CREB-2 – možno prostredníctvom MAPK

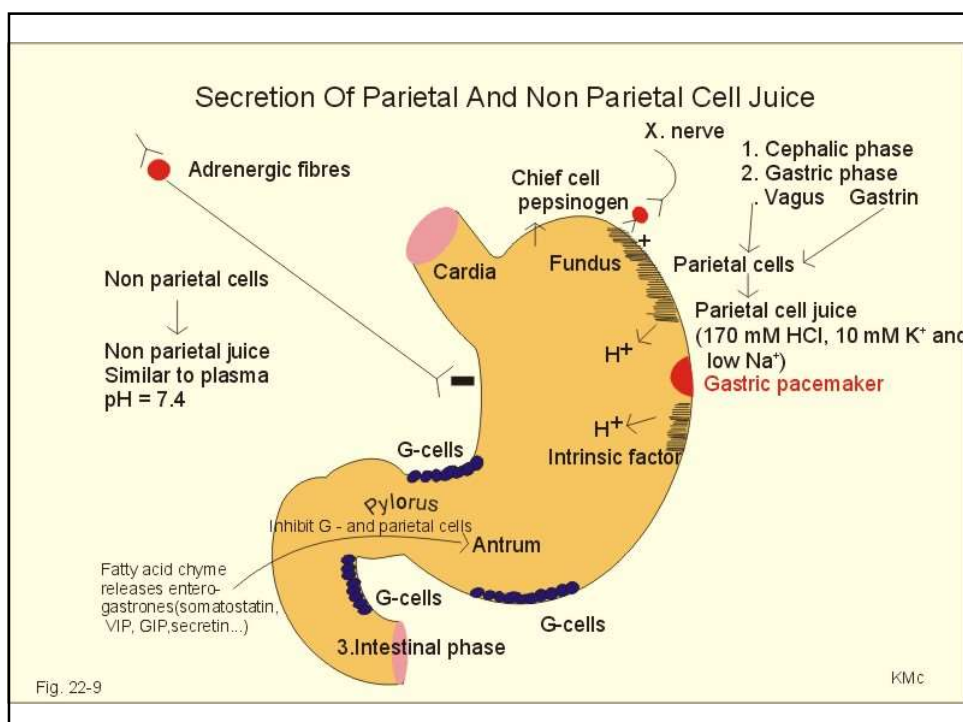
6. aktivované gény kódujú ubiquitín hydrolázu, ktorá reguluje proteolýzu regulačnej (inhibičnej) podjednotky PKA, odstránenie tejto podjednotky predlžuje aktivitu PKA

7. ďalší gén, ktorý je aktivovaný je transkripčný faktor C/EBP, ktorý sa viaže na DNA response element CAAT, ktorý aktivuje gény kódujúce proteíny dôležité na rast nových synaptických prepojení

47



48

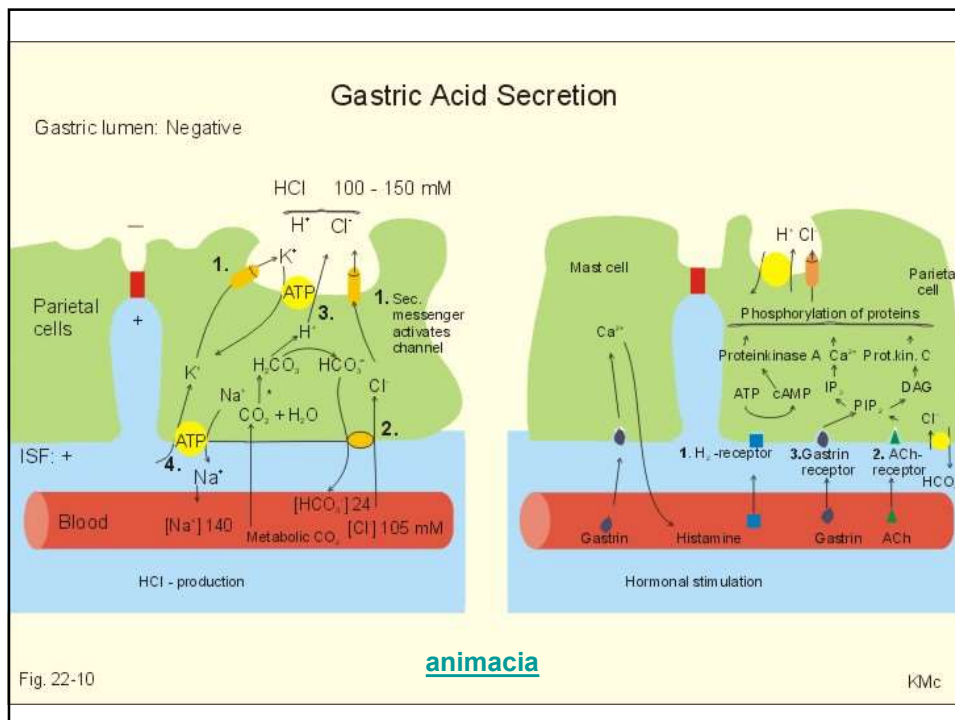


49

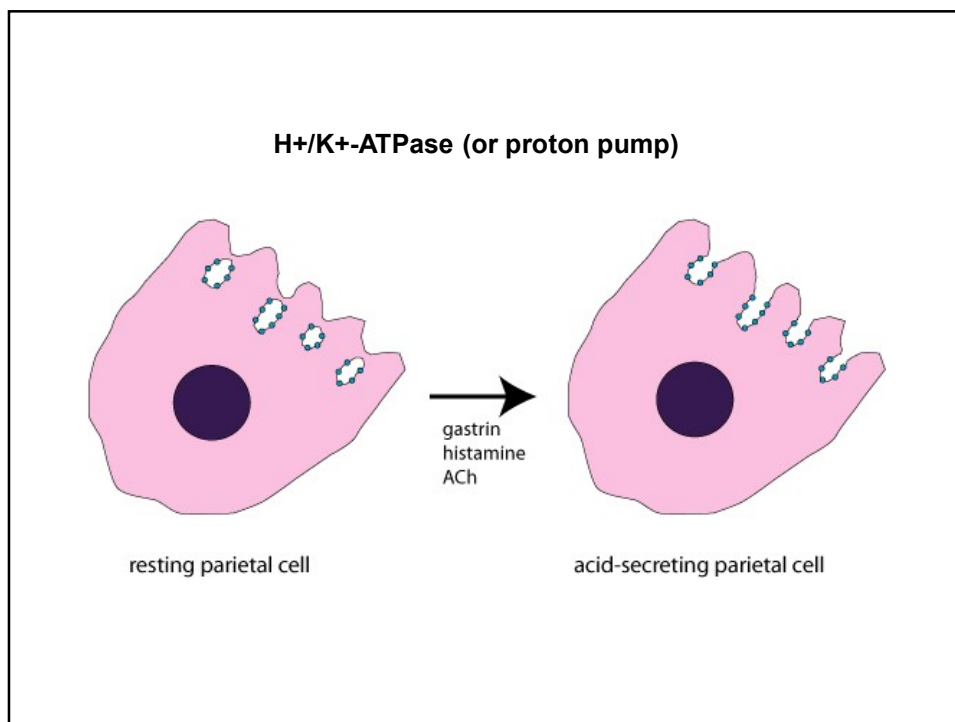
Sliznica žalúdka

- membránovou hydrolýzou vznikajú ióny H⁺ a OH⁻
- vodíkové ióny sa aktívne prenášajú do lumenu žliazok výmenou s K⁺
- výmenu H⁺ a K⁺ katalyzuje ATPáza
- H₂O vytvára spolu CO₂ v bunkách za účasti karbonátdehydrogenázy kyseliny uhličité, ktorá disociuje na H⁺ a HCO₃⁻
- HCO₃⁻ ióny prechádzajú do intersticiálnej tekutiny, odtiaľ do plazmy
- zároveň prebieha hydrolýza vody, hydroxylové ióny vynikajúce pri tomto procese sa neutralizujú H⁺ iónmi vznikajúcimi pri disociácii kyseliny uhličitej
- výmenou za HCO₃⁻ ióny môžu do bunky vstupovať Cl⁻ ióny
- Cl⁻ je aktívne transportovaný do lumenu
- tam H⁺ a Cl⁻ vytvorí a HCl

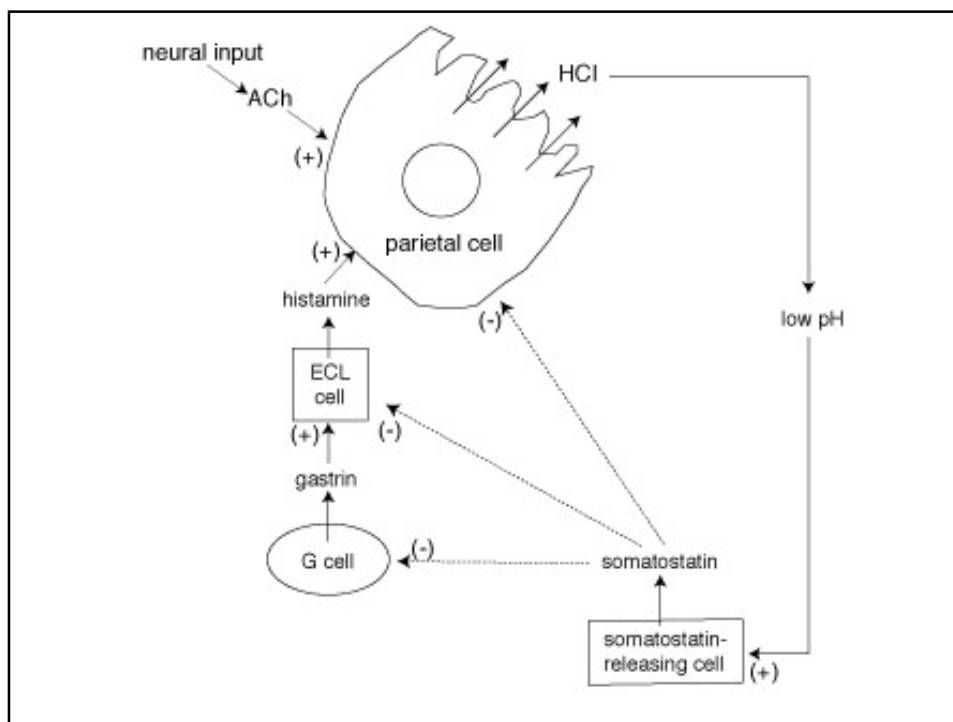
50



51



52



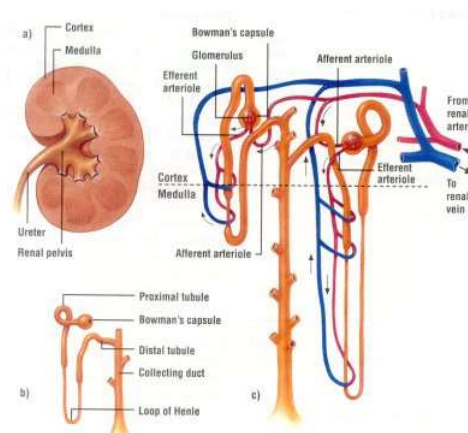
53

Transportné procesy v tubuloch obličiek

- v ľadvinových glomeruloch človeka sa odfiltruje cca 120ml/min resp. 180l/deň plazmatickej tekutiny. Objem vylúčeného moču je 1,5 l/deň.
- proximálny tubulus: resorbujú sa 2/3 tubulárnej tekutiny, hnacou silou je resorpcia Na^+ , Cl^- a HCO_3^-

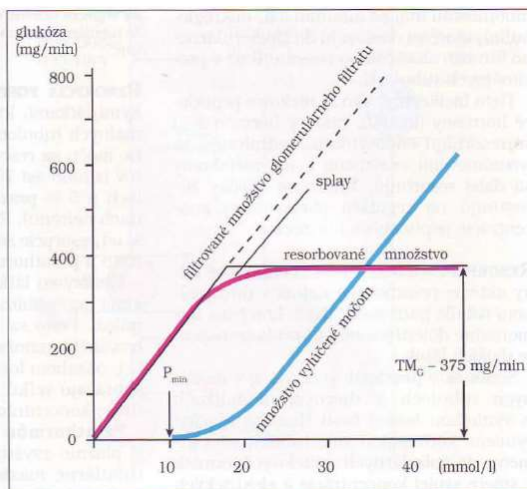
Mechanizmus resorpcie v proximálnom tubule:

Na^+ je resorbovaný aktívnym transportom Na^+-K^+ ATPzou lokalizovanou na bazolaterálnej membráne, ktorá pumpuje Na^+ do interstícia, vytvára sa gradient, ktorý umožňuje vstupovanie Na^+ do buniek tubulu kotransportom s glukózou, aminokyselinami, fosfáty, laktát, citrát a i. a pasívne paracelulárnymi skratmi Cl^- pasívny transport



54

Obr. 11. 15 Vzťah medzi glomerulárnou filtráciou glukózy pri fyziologickej glomerulárnej filtrácii (125 ml/min), spätnou resorpciou a exkréciou glukózy v závislosti od plazmatickej koncentrácie TM_G – celková kapacita renálnych tubulov pre resorpciu glukózy, P_{min} – minimálny renálny prah pre glukózu. (Upravené podľa Sedláčka, 1997)



-resorpcia aminokyselín (AK): systém pre neutrálne , bázické a kyslé AK, všetky závisia od Na^+

- malé množstvo proteínov s nízkou molekulovou hmotnosťou sa resorbuje endocytózou, hydrolyzujú sa lyzozómoch a ich metabolity sa ďalej resorbujú

55

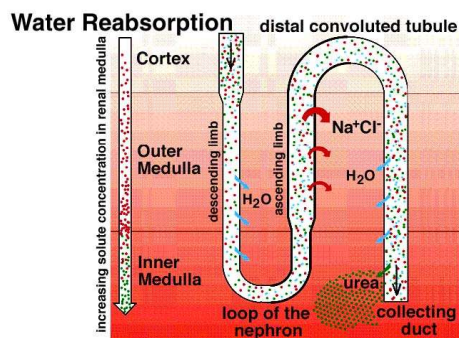
V zostupnej časti Henleho kľučky difunduje voda po osmotickom gradiente

V vzostupnej časti Henleho kľučky sa resorbuje $NaCl$

Primárny aktívny transport Na^+ je zabezpečovaný bazolaterálnou $Na^+ - K^+$ ATPázou, na luminálnej strane existuje spoločný elektroneurónový prenášač pre Na^+ , K^+ a $2Cl^-$, pre vodu je tento epitel takmer nepriepustný, taktiež pasívna permeabilita pre Na^+ a Cl^- je nízka, činnosťou aktívnej $Na - K$ pumpy vzniká v lumene hypotonické prostredie a v okolitom intersticiu hypertonické prostredie

Distálny tubulus

– aktívna resorpcia Na^+

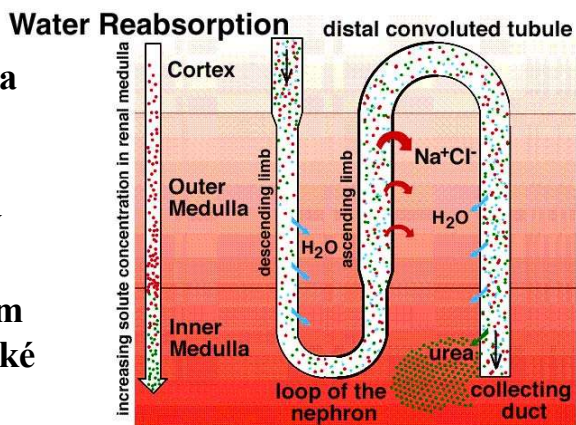


56

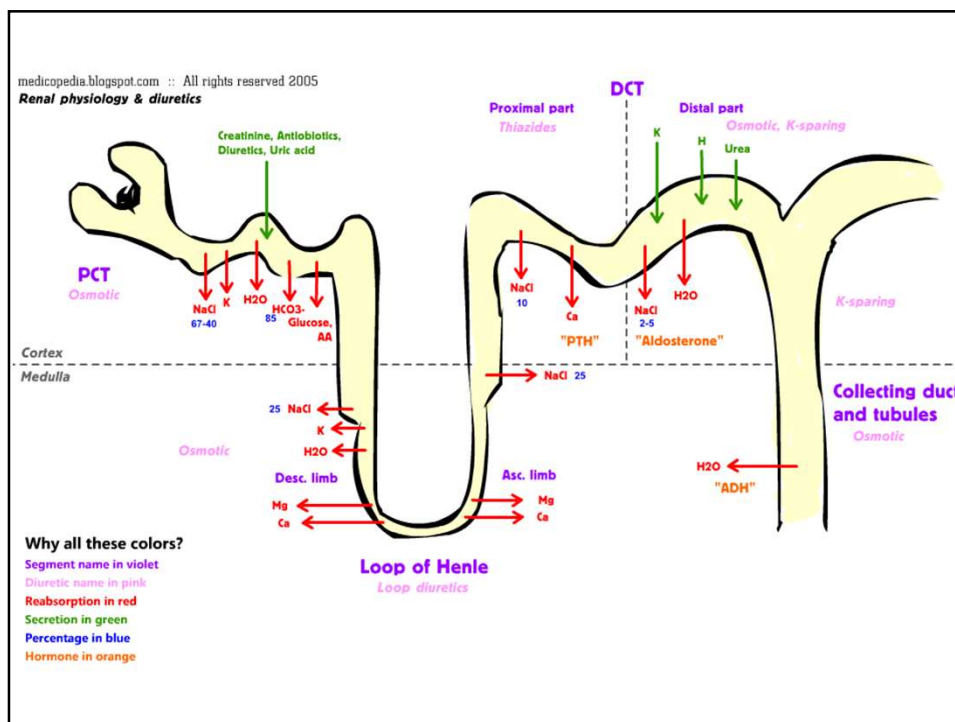
Vo vzostupnej časti Henleho kľučky je primárny aktívny transport Na^+ zabezpečovaný bazolaterálnou Na-K ATPázou, na lumenálnej strane existuje spoločný elektroneurónový prenášač pre Na^+ , K^+ a 2Cl^- .

Pre vodu je tento epitel takmer nepriepustný, taktiež pasívna permeabilita pre Na^+ a Cl^- je nízka.

Činnosťou aktívnej NaCl pumpy vzniká v lumene hypotonické prostredie a v okolitom intersticiu hypertonické prostredie.



57

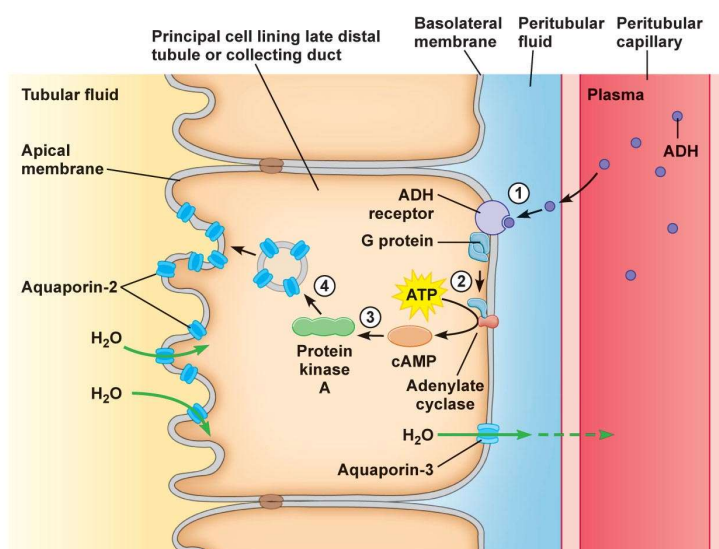


58

Distálne tubuly (DS)

- distálny tubulus sa vždy vracia k svojmu glomerulu a dotýka sa miesta, kde blízko seba vstupujú *vas afferens* a *vas efferens*
- juxtaglomerulárny aparát - RAS
- DS vyúsťuje do zberného kanálíka
- reabsorbuje sa tu cca 20% reabsorbovanej tekutiny
- resorbuje sa tu voda, sodík, vápnik, chloridy, hydrogénuhličitaný a fosfáty
- secernujú sa tu ióny vodíka
- činnosť je regulovaná **aldosterónom**, ktorý zvyšuje spätnú resorpciu sodíka a exkréciu draslíka
- **antidiuretickým hormónom**, ktorý prostredníctvom svojich V2 receptorov stimuluje expresiu akvaporínov 2, ktoré umožnia resorpciu vody
- resorpcia vápnika je stimulovaná **parathohorónom**

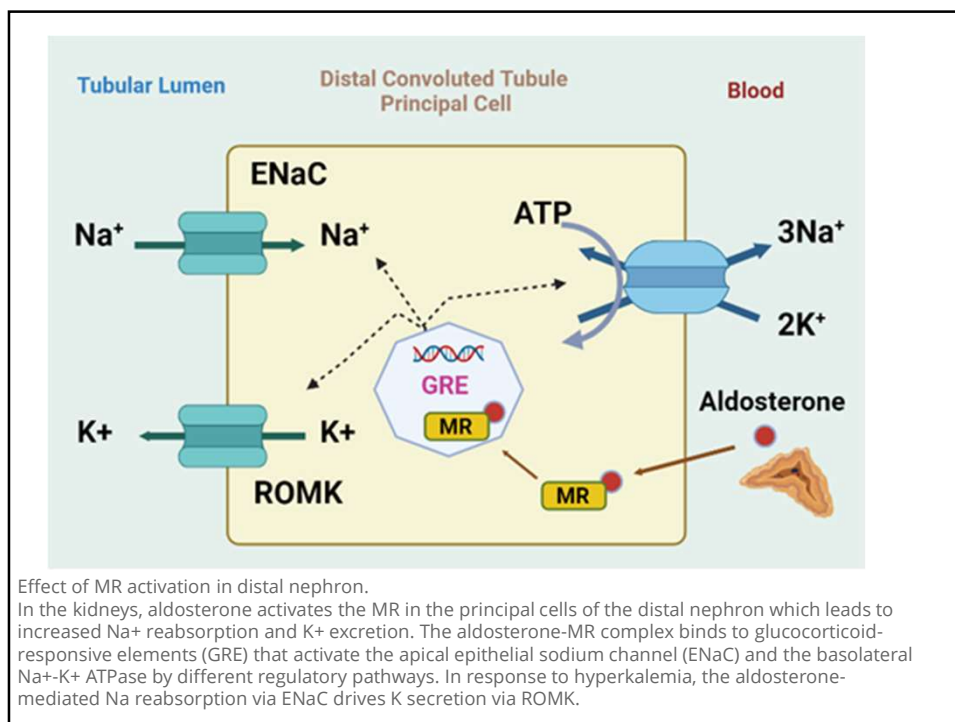
59



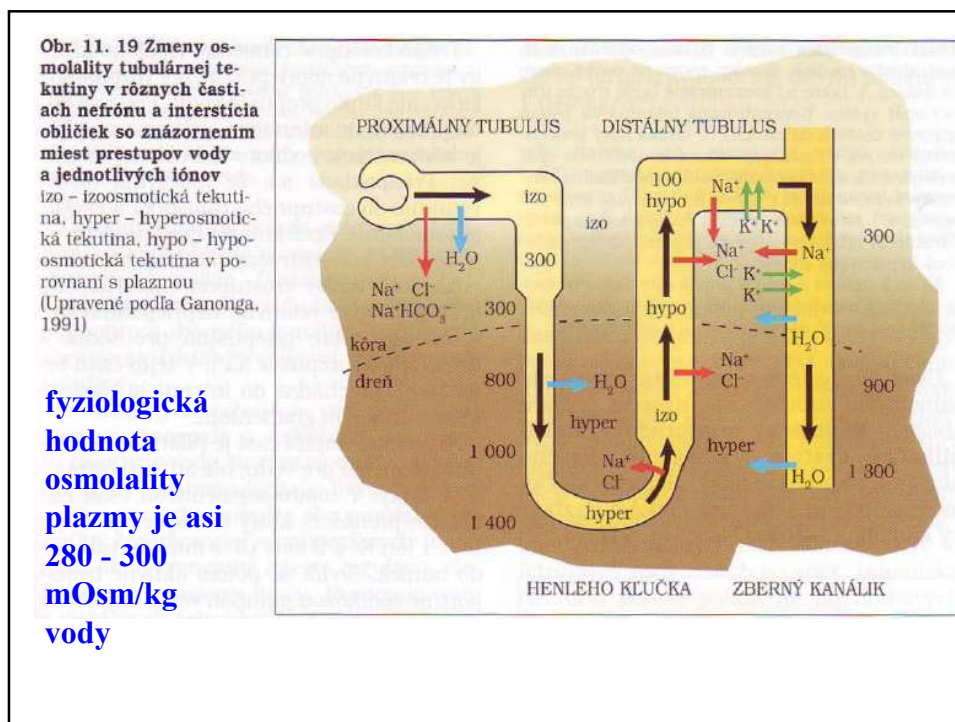
© 2011 Pearson Education, Inc.

- v zbernom kanálíku sa zvyšuje osmolarita vody, ktorá môže dosiahnuť osmolaritu 100 - 1400 mOsm/l podľa pôsobenia

60



61

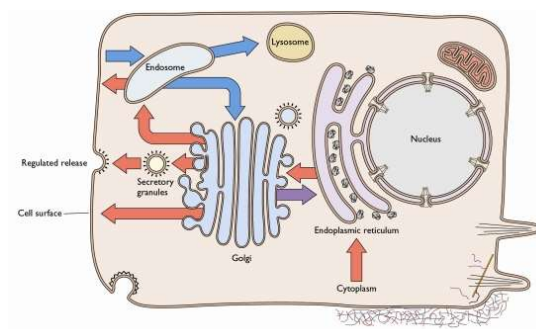


62

Vezikulárny transport

Vstupom do ER začína výstupná dráha transportovaných látok, transport zvyčajne prebieha cez Golgiho aparát, presne determinované transportné dráhy, ktoré sa tiahnu od ER k cytoplazmatickej membráne a od cytoplazmatickej membrány k lyzozómom.

- proteíny aj lipidy prepravované týmito dráhami sú chemicky upravované (glykozilácia, disulfidické mostíky a i.)

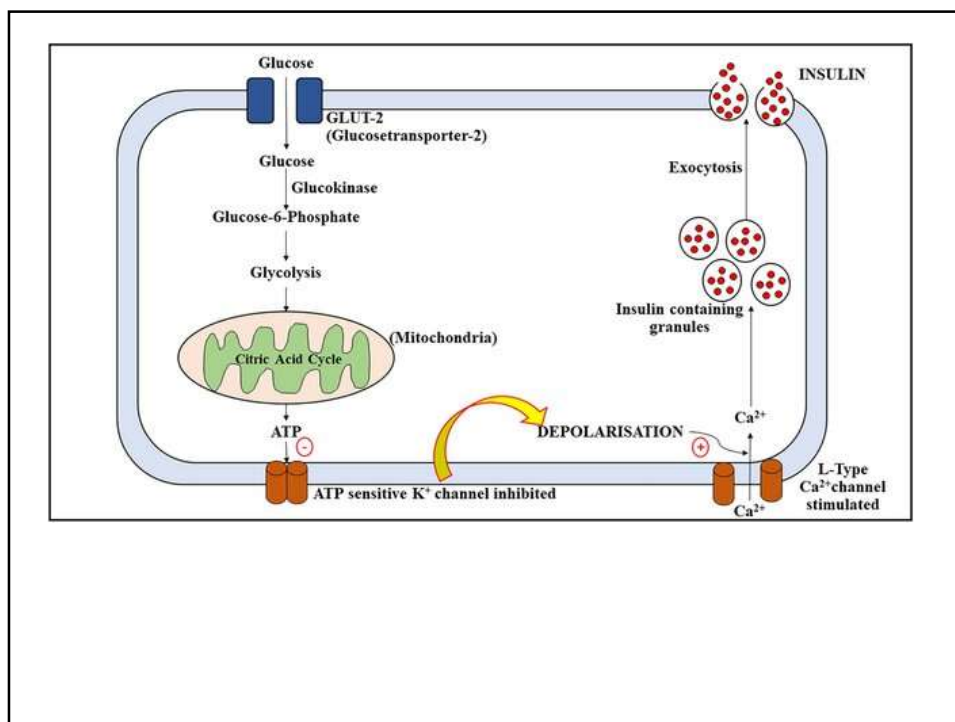


63

Využitie vezikúl v regulácii bunkových funkcií

1. Inzulín z buniek
2. H pumpa žalúdok
3. Akvaporíny obličky
4. Neurotransmitery v chemickej synapse
5. Glut4 transportéry

64



65

Ďakujem za pozornosť

66