
SOUBORNÝ REFERÁT

Struktura a funkce membrány nervových buněk

Mourek J.^{1,2}, Pokorný J.¹

Fyziologický ústav 1. LF UK, Praha,

přednosta prof. MUDr. S. Trojan, DrSc.¹

Zdravotně sociální fakulta Jihočeské Univerzity, České Budějovice,

přednosta prof. MUDr. M. Velemínský, CSc.²

Souhrn

Buněčná membrána je pokládána za jednu z nejdůležitějších stavebních součástí živé hmoty. Tato jedinečná struktura s univerzálním rozšířením i na intracelulární objekty – hydrofilní a hydrofobní povahy – umožňuje a vytváří kompartmentizaci molekul a iontů, která vede ke vzniku vysoce specializovaných, specifických a pro život rozhodujících vlastností.

Funkce plazmatické membrány nervové buňky se v principu neliší od membrány jiných buněk a splňuje všechny obecné funkce buněčné membrány. Specializací v průběhu vývoje se některé její vlastnosti výrazně posílily a umožnily vznik nových funkcí (rychlý přenos informace, integrační funkce, paměťové mechanismy). Membrána nervové buňky se také podílí na mechanismech plasticity funkce a struktury.

Klíčová slova: buněčná membrána, fosfolipidová dvouvrstva, fluidita membrány, funkce membrány, plasticita.

Summary: Mourek J., Pokorný J.: Structure and Function of the Nerve Cell Membrane

Cell membrane represents one of the most important structures of the living matter. This unique outlining and intracellular system enables and forms compartmentalisation of molecules and ions. It is responsible for the formation of specialised, specific and for the life decisive features. Function of the plasma membrane of the nerve cell does not differ in principle from membranes of other cells and fulfils all general functions of the cell membrane. Specialisation during phylogeny brought about specific development of some functions (fast transmission of information, integrative functions, memory). Nerve cell membrane also participates in the mechanism of functional and structural plasticity.

Key words: cell membrane, phospholipid bilayer, membrane fluidity, membrane function, plasticity.

Čes. a slov. Psychiat., 101, 2005, No. 3, pp. 155–159.

ÚVOD

Naprostá většina účastníků psychiatrických kongresů, seminářů atd. je pravidelně informována nejen o účincích nových léků, ale i o mechanismu jejich účinku. Ve většině případů jde o ovlivnění receptorů pro různé signální molekuly, změny permeability iontových kanálů, aktivitu na membránu vázaných intracelulárních mechanismů apod. O vlastnostech, stavbě a potenciálu plasticity plazmatické membrány jako celku je však pojednáno jen vzácně.

Protože se přednášky, které proběhly v rámci 46. psychofarmakologické konference (Lázně Jeseník, 7.–11. ledna 2004) a které byly věnovány struktuře membrány nervových elementů a funkci

jejích komponent, doznaly značného zájmu, rozhodli jsme se předložit odborné veřejnosti rozsáhlejší informaci než byly na konferenci rozdané klíčové body („hand out“, vytištěno laskavostí fy Pfizer). Předkládaný přehledný článek tak může napomoci lépe porozumět některým patogenetickým mechanismům psychiatrických poruch i mechanismu jejich léčby či působení neuroprotektce.

STAVBA PLAZMATICKÉ MEMBRÁNY

Musíme se nejprve zmínit s úctou o těch, kteří zásadním způsobem přispěli k objasnění struktury

Předneseno na 46. psychofarmakologické konferenci (Lázně Jeseník, 7.–11. 1. 2004).

buněčných membrán (včetně intracelulárních membrán). Gorter a Gredel [2] jako první popsali tzv. lipidovou dvouvrstvou (bilayer). Danielli a Davson [1] a později Robertson [7], Singer a Nicholson [8] podali základní představu o dynamických kapacitách a rozměrech této dvouvrstvy v podobě modelu tzv. tekuté mozaiky.

Je vcelku pragmatickou (a tedy velmi pohodlnou) tradicí prezentovat fosfolipidovou dvouvrstvu tak, jak to známe z drtivého počtu učebnic i případně odborných statí. Tato představa je ovšem zavádějící, protože je simplifikující a opomíjí řadu důležitých známých skutečností.

1. Prvou skutečností je to, že zastoupení **mastných kyselin** ve zmíněné dvouvrstvě jsou velmi odlišná a s vysokou pravděpodobností můžeme říci, že pro jednotlivé oddíly CNS (jádra a mikroregiony, typy buněk apod.) mají své charakteristické spektrum. Protože mastné kyseliny samy o sobě představují dynamicky se vyvíjející soubor, může být již od samotného počátku této statě položena otázka o možném jejich specifickém významu. Např. kyseliny monoenoové (tj. kyseliny s jednou dvojnou vazbou) vykazují v CNS savců poměrně dosti standardní podíl (kolem 20 % ze všech mastných kyselin). Podíl polyenových mastných kyselin s dlouhým řetězcem (Long-Chain-Polyenoic-Fatty Acids) skupin n-3 a n-6 vykazují celkový podíl kolem 30 % a na kyselinu arachidovou (20:4_{n-6}) připadá přibližně 10 %, na kyselinu dokosahexaenovou (22:6_{n-3}) až 20 %. Přitom je tento podíl v tkáních fylogeneticky starších nižší než je např. v tkáni mozkové kůry [souborně 5,6]. Ze satureovaných mastných kyselin nalézáme v tkáni CNS nejčastěji kyselinu palmitovou (16:0), z monoenoových pak kyselinu olejovou (18:1).

Tak jako existují časové (tj. vývojové) rozdíly ve spektru mastných kyselin v tkáni CNS, tak existují i rozdíly prostorové. Totéž pak platí i pro hydrofilní části membrány, tj. pro polární-fosfolipidovou hlavici.

2. Fosfolipidová dvouvrstva představuje strukturu, která je v permanentním pohybu (**fluidita membrány** – viz dále). Především existuje – a to v rozsáhlém měřítku – pohyb rotační, týkající se celé molekuly fosfolipidu, včetně jeho mastných kyselin; dále rotují kolem své osy některé úseky mastných kyselin [8]. Důležitý je pohyb laterální (tzv. laterální difuze) a konečně pohyb (méně častý) zvaný „*flip-flop*“, kdy jedna fosfolipidová molekula přeskočí (včetně svých dvou mastných kyselin) na druhou stranu dvouvrstvy (při zachování orientace vůči vodnímu prostředí). Tento pohyb zajišťuje enzym „flipáza“ a má zdůrazněný význam při genezi membrán.

3. **Selektivita dvouvrstvy** pro postup některých látek a molekul. Rovněž tento problém je podceňován, ačkoliv právě v něm „dříme“ možný

výklad postupného vývoje vymezení se živé hmoty od (vodního) prostředí. Ukázalo se, že např. pro kyslík, CO₂, případně dusík (jakožto malé molekuly) je lipidová dvouvrstva volně prostupná. Membránou prostupují rovněž bez zábran malé nenabitě molekuly (jako je např. ethanol, glycerol apod.), zatímco větší, byť nenabitě – molekuly, již prostoupit nemohou (glukóza, aminokyseliny, voda), stejně pak jako nabitě částice (ionty). Už z tohoto jednoduchého výčtu je zřejmé, že v průběhu vývoje se musely vytvořit v bilayeru specifické struktury právě pro přenos takových či podobných a pro živou hmotu – buňku – nezbytných látek.

4. Mimo fosfolipidů jsou ve dvouvrstvě zastoupeny rovněž, a to v dosti hojném počtu, glykolipidy. V molekule glykolipidu se nalézá vždy cukerná složka (a zbytky kyseliny sialové). Gangliosidy (což je jedna ze skupiny glykolipidů) mají více cukerných složek vyčnívajících nad povrch dvouvrstvy; plní především funkci povrchových znaků a jsou většinou rozhodujícím faktorem při tzv. **buněčném rozpoznávání**. Polární části (fosfolipidy, případně glykolipidy) mohou být navzájem propojeny (můstkovány), a tedy stabilizovány ve svém postavení. Tak např. fosfokreatin může „svorkovat“ dvě sousední hlavice a může tak případně působit protektivně vůči destabilizaci membrány.

5. **Membránové proteiny**. Představují v některých tkáních téměř 50% podíl na hmotnosti vlastní membrány. Lipidová dvouvrstva tvoří základní strukturu, do které jsou proteiny vnořeny a plní naprostou většinu specifických funkcí. Přitom poměr fosfolipidových molekul k molekulám proteinů je přibližně 50:1.

Proteiny tvoří iontové a vodní kanály, pumpy či jiné transportní systémy, různé druhy (a tedy i tvary) receptorů a mohou mít enzymatickou aktivitu. S fosfolipidy lipidové dvouvrstvy jsou spojeny nekovalentními vazbami (viz dále bod 8) a řada z nich je navíc zakotvena k cytoskeletu. Ten je tvořen hlavně aktinovými vlákny, která jsou v relativně pravidelných úsecích ukotvena přes membránu jdoucími fixačními proteiny (ankyryny). Jedná se o velmi významný stabilizující systém, který přes veškerou shora zmíněnou mobilitu součástí dvouvrstvy (tekoucí mozaika), udržuje stabilitu stavby a funkce membrány i její lokální specializaci (např. luminální a bazolaterální část membrány enterocytů, dendritická, somatická a axonální membrána neuronů, astroglální membrány naléhající na membránu axonu v Ranvierových zářezech). Na druhé straně i v případě proteinů membrány je určitý pohyb možný, např. v místech peptidických vazeb je možná rotace. Proto jsou delší řetězce peptidů vysoce pohyblivé.

6. **Asymetrie**. I když je lipidová dvouvrstva schematicky znázorňována tak, že u čtenáře vzniká

dojem zrcadlové symetrie, vůbec tomu tak není. Jednotlivé polární (hydrofilní-fosfolipidové nebo glykolipidové) hlavice nejsou umístěny symetricky. Tak např. fosfatidylcholin a sfingomyelin mají zřetelnou převahu na zevní straně membrány. O glykolipidech se dá říci, že jejich lokalizace je vysloveně asymetrická, protože se nacházejí vždy (nebo téměř vždy) na vnější straně plazmatické membrány, a tedy jejich cukerná složka je na povrchu buňky. Asymetrie membrány vzniká rovněž při její tvorbě: nové mastné kyseliny se inkorporují výhradně do jedné vrstvy (monovrstvy) a do druhé se dostávají přesunem, který uskutečňuje již dříve zmíněná „flipáza“. Význam uvedených asymetrií je v některých případech dosud zcela nejasný. Znalosti jednotlivých oblastech CNS savců či za vývoje nebo dokonce v jednotlivých nervových elementech (a jejich částí) dosud zcela chybějí. Určitá a svým způsobem specifická asymetrie je představována tzv. doménami. Jedná se o nahromadění specifických proteinů na malém prostoru plazmatické membrány, který je v kontaktu s jinými buněčnými elementy. Tyto domény (mikrodomény) mohou dokonce na povrchu buňky cestovat a současně existují i určité „uzávěry“, přes které se doména dostat nemůže.

7. **Fluidita** (tekutost). Rozumíme tím snadnost a rozsah s jakou se jednotlivé komponenty lipidové dvouvrstvy mohou pohybovat v rovině membrány. Fluidita je do té míry důležitou vlastností plazmatické membrány, že byla poměrně rozsáhle studována. Víme, že je závislá na teplotě, tj. čím je teplota vyšší, tím se fluidita zvyšuje [9]. Je závislá na povaze uhlíkových řetězců mastných kyselin. Znamená to, že čím je stupeň nasycenosti vyšší, tím je membrána méně fluidní nebo naopak, čím je stupeň nenasycenosti mastných kyselin vyšší, tím je membrána méně viskózní (více fluidní, tj. stoupá její „tekutost“). Současně mastné kyseliny o kratším řetězci (do 14 atomů uhlíku) fluiditu zvyšují. Charakter mastných kyselin v plazmatické membráně tak určuje její základní fyzikálně-strukturální, a tím i funkční vlastnosti.

Cholesterol, který je integrální součástí membrán živočišných buněk, je vklíněn mezi dvě fosfolipidové molekuly membrány a jeho přítomnost zvyšuje její viskozitu, tj. snižuje její fluiditu.

Fluidita je rovněž důsledkem pod bodem 2 uvedeného pohyblivosti fosfolipidových molekul a jejich pravidelného rozvrstvení a je rozhodujícím předpokladem inkorporace bílkovinných specifických struktur do membrány, které se pak dalšími interakcemi „usadí“ v membráně.

8. Pro dynamické vlastnosti membrány je mimořádně významná **trojrozměrná struktura mastných kyselin** a možnosti jejich vzájemných interakcí (vazeb). Mastné kyseliny jsou

schopné rotace kolem osy C-C. Dalším velmi důležitým momentem je skutečnost, že vznikem dvojných vazby (tedy desaturací) (nebo prostou existencí dvojných vazby C=C) se mění vzdálenost mezi dvěma sousedními atomy uhlíku a dochází k ohybu o 30°. I tento ohyb může být v důsledku rotací různě prostorově nasměrován. Zvýšení teploty urychluje rotační manévry a v důsledku změněných vzdáleností dochází k dalším ohybům (kolem 55°). Mnohonásobně rotace a existence dvojných vazeb (např. dokosahaxaenová kyselina jich má 6, arachidová 4, eikosopentaeonová 5 atd.) znamená současně zkracování celého řetězce a vznik jeho komplikované prostorové konfigurace (v řádech milionů možností).

8. **Interakce**, tj. vazby jednotlivých elementů membrány, je rozhodující pro jejich prostorové uspořádání (orientaci, lokalizaci) ve fluidní membráně. Interakce – tedy nekovalentní vazby – můžeme v membráně předpokládat trojího druhu:

- a) poměrně silná vazba vzniká mezi dvěma stálými dipóly (např. O⁻ a C⁺),
- b) mezi jedním dipólem a indukci vyvolaných druhým dipólem (vzniká vazba deformací hustoty elektronů),
- c) Londovy slabé síly představují vznik dipólu nerovnoměrným pohybem elektronů. Jsou velmi slabé, nicméně jsou významné a mají vliv na konformaci molekul, souborně jsou pak zdrojem značné vazebné síly (energie). (Interakce mezi stálým a indukovaným dipólem se nazývají Waalsovy nekovalentní interakce).

Mezi další významné interakční faktory počítáme tzv. vodíkové můstky (vazby). Ty se vytvářejí v místě, kde se atom vodíku dostane mezi dva elektro pozitivní atomy (nejčastěji se jedná o kyslík-kyslík nebo kyslík-dusík).

Uvedené „slabé síly“ (nekovalentní) vykazují pouze asi 5% kovalentní vazby, jejich četnost na velmi malém prostoru však z nich dělá faktory rozhodující důležitosti. Mimo uvedené interakce existuje ještě jedna, o které je nutno se zmínit. Je to nekovalentní – slabá, ale velmi významná hydrofobní interakce. Ta je dána strukturou molekuly vody, která „vytěsňuje“ hydrofobní uskupení ze své blízkosti. Tato interakce má rozhodující význam právě pro vznik a existenci dvouvrstvy.

Všechny komponenty a jejich vzájemné vztahy představují dynamické hodnoty, permanentně se měnící, mající vysokou kapacitu změn. Tyto změny přitom představují jejich esenciální vlastnost a nejsou vyvolávány jenom tzv. „*an sich*“ (tj. pouhou možností změny), ale především a výhradně v důsledku četných a navzájem se prolínajících se sil. Tyto skutečnosti je nutno chápat prostorově, a jen tak se totiž stávají základní podmínkou fungování proteinů, vestavěných právě do plazmatické membrány. Jde nejen o jejich počet, ale součas-

ně o jejich lokalizaci a orientaci. Samotný počet např. receptorů je vlastní membránou ovlivnitelný jen málo a změny jejich počtu jsou spíše výsledkem interakce s dalšími buněčnými systémy. Místní hustota a orientace receptorů, které umožňují jejich aktuální funkci, je kauzální důsledek uvedených dynamických faktorů membrány (např. představa o možnosti palisádovým způsobem stínovat i složitou transmembranózní proteinovou strukturu právě shora zmíněnými polyéno- vými mastnými kyselinami, se jeví jako velmi plauzibilní).

Není pochyb o tom, že další studium složení lipidové dvouvrstvy plazmatické membrány nervových elementů i analýza komponent membrány a jejich uspořádání může přenést mnoho nových a významných údajů. Tím by se doplnila naše dosavadní znalost o neurotransmiterech, receptorech, buněčných poslech atd. i naše chápání funkce i patologie by se mohlo posunout od jednotlivých okruhů k strukturovaným celkům.

FUNKCE PLAZMATICKÉ MEMBRÁNY

Funkce plazmatické membrány nervové buňky se v principu neliší od membrány jiných buněk a splňuje všechny obecné funkce buněčné membrány. Je to v první řadě hranice mezi nitrem buňky a okolím, která určuje její velikost a spoluurčuje její tvar. Selektivní propustnost (nepropustnost) a systémy přenosu látek přes membránu jsou zodpovědné za rozdíly ve složení intracelulární a extracelulární tekutiny, a tím podmiňují vznik membránového potenciálu. Řízený pohyb vody a osmoticky aktivních látek pak spoluovlivňují velikost buňky.

Bílkoviny membrány jsou zpravidla zakotveny do komponent cytoskeletu, který je u některých typů buněk organizován v membránový skelet. V nervovém systému byl tento úzký vztah membrány a cytoskeletu popsán např. v postsynaptickém útvaru, zvláště v dendritických trnech nebo v růstových vrcholech dendritů a axonů. Cytoskelet jedné buňky je často spojen s cytoskeletem sousední buňky prostřednictvím specializovaných membránových proteinů. Podobně může být cytoskelet napojen na extracelulární matrix či na bazální membránu. Specializované útvary membrány, cytoskeletu a případně i extracelulární matrix vytvářejí strukturu jednotky vzájemného zakotvení buněk (*desmosom*), uzavírají mezibuněčný prostor (*tight junction*) a mohou být prostředkem mezibuněčné komunikace (*gap-junction*).

Povrch buňky nese charakteristické povrchové znaky jedince i specifické znaky jednotlivých typů buněk. Jsou rozpoznatelné membránovými recep-

tory imunitního systému a reagují na ně jiné elementy tkáně. Schopnost vzájemného rozpoznání buněk umožňuje v nervovém systému tvorbu neuronálních okruhů a vznik synaptických spojení. Jiné typy membránových receptorů reagují na přítomnost signálních molekul a jsou tak součástí buněčné komunikace a procesů řízení. Plazmatická membrána a s ní spolupracující komponenty cytoskeletu jsou zodpovědné za endocytózu a exocytózu (případně fagocytózu nebo pinocytózu), tedy přenos větších částic do buňky či za buněčnou sekreci.

Enzymatické systémy napojené na membránu jsou nejen součástí přenosu signálu přes membránu (např. G proteinem aktivovaná adenylát cykláza), ale často se účastní i degračních nebo biosyntetických reakcí.

Membrána je vstupní branou signálních molekul řídicích buněčné funkce (hormon tyroxin aktivuje buněčný metabolismus) nebo ovlivňujících genovou expresi, a tak i programy tvorby proteinů, které se uplatňují např. při biosyntéze, při proliferaci, diferenciaci, adaptaci nebo při zániku buňky.

Specializací buněk v průběhu vývoje se některé vlastnosti výrazně posílily a umožnily vznik nových funkcí. U nervových buněk lze nalézt řadu příkladů. Vybavení membrán velkým počtem napětově řízených iontových kanálů umožnilo vznik rychlého přenosu informace prostřednictvím akčních potenciálů nervových vláken. Vytvoření specializovaných útvarů mezibuněčné komunikace (synapse) výrazně zefektivnilo parakrinní přenos mezi neurony. Umožnilo také zavedení logických funkcí do činnosti neuronálních okruhů (*and, or, nand, nor*) a vytvořilo předpoklady pro ukládání informace v podobě různě dlouho trvajících paměťových stop (změny váhy synapse).

Funkce membrány mají výraznou **dynamickou komponentu**. Příkladem může být snaha o udržení konstantní velikosti – při exocytóze se celková plocha membrány zvětšuje a měl by tedy růst i objem buňky. Obvykle je však exocytóza vyrovnávána endocytózou a velikost membrány se nemění, jako je tomu např. při vylévání mediátoru z presynaptického oddílu. Synaptické vesikly sice s membránou splývají a mediátor do štěrbin uvolňují, většinou se však opět oddělí a presynaptický segment tedy výrazně nezvětšují. Ke kompenzaci procesů exocytózy v synaptické štěrbině však přesto může docházet endocytózou na okraji štěrbin. V tomto případě však má asi větší význam než je snaha o udržení konstantního povrchu má přenos některých signálních molekul, uvolněných v postsynaptickém útvaru [3, 4].

Membrána nervové buňky se také podílí na mechanismech **plasticity funkce a struktury** při změnách vnitřních nebo vnějších podmínek, a tím na organizaci a reorganizaci činnosti neuronálních okruhů. Příkladem mohou být některé

změny doprovázející synaptickou plasticitu jako jsou změny aktivity receptorů a iontových kanálů na postsynaptické membráně, změny tvaru, a tím přenosových vlastností postsynaptické membrány a celého postsynaptického útvaru, změny výdeje a inaktivace neurotransmiteru, které by mohly být podkladem krátkodobých paměťových stop. Membrána synapse může být vstupem pro aktivaci genetických programů dlouhodobých změn přenosových vlastností synapsí i dalších plastických změn neuronálních okruhů. Interakce membrány s extracelulární matrix může vést ke změnám vlastností nesynaptického přenosu informací, k aktivaci tvorby či zániku synapsí a spolu se změnami na membránách gliových buněk též k ovlivnění mikroprostředí nervové tkáně.

ZÁVĚR

Změna struktury a výsledné změny činnosti jednotlivých prvků membrány nervových buněk mohou vést k některým závažným klinickým stavům jako je nerovnováha při aktivaci aquaporinů – edém mozku, mutace chloridových nebo sodíkových kanálů – idiopatická epilepsie, mutace vápníkových kanálů – epizodická ataxie, autoimunní porucha draslíkových kanálů – neuromyotonie, poruchy činnosti iontových pump při hypoxii atd. Plazmatická membrána neuronu a její komponenty jsou rovněž cílem působení řady farmak.

Práce byla podporována granty GAUK 45/2004, MSM 1111 00001, IGA MZ ND/973-3.

LITERATURA

1. **Danielli, J. F., Davson, H.:** A contribution to the theory of permeability of thin films. *J. Cell. Physiol.* 5, 1935, pp. 495–508.
2. **Gorter, E., Grendel, F.:** On bimolecular layers of lipoids on the chromocytes of the blood. *J. Exp. Med.*, 41, 1925, pp. 439–443.
3. **Heuser, J. E., Reese, T. S.:** Evidence for recycling of synaptic vesicle membrane during transmitter release at the frog neuromuscular junction. *J. Cell. Biol.* 57, 1973, pp. 315–344.
4. **Langmeier, M., Mareš, J., Pokorný, J.:** Endocytotic activity of the presynaptic membrane and the morphometric differences of cortical synapses during the excitability changes in the initial phases of kindling. *Journal für Hirnforschung*, 33, 1992, pp. 249–259.
5. **Mourek, J.:** Mastné kyseliny a rizikový novorozenec Čes.-slov. *Pediatr.* 55, 2000, pp. 41–47.
6. **Mourek, J.:** Význam kyseliny dokosaehexaenové pro funkční strukturu membrán, In: *Neurobiologie duševních poruch* (Eds.: Z. Sikora a Z. Fišer), Galén, Praha 1999, pp. 144–146.
7. **Robertson, J. D.:** The ultrastructure of cell membranes and their derivatives. *Biochem. Soc. Symp.* 16, 1959, pp. 3–43.
8. **Singer, S. J., Nicholson, G. L.:** The fluid mosaic model of the structure of cell membranes. *Science* 175, 1972, pp. 720–731.
9. **Vyklický, L., Vlachová, V., Vitásková, Z., Dittert, I., Kabát, M., Orkand, R. K.:** Temperature coefficient of membrane currents induced by noxious heat in sensory neurons in the rat. *J. Physiol. (Lond)* 517, 1999, pp. 181–192.

Dodáno redakci: 16. 8. 2004

Po skončení recenzního řízení: 3. 1. 2005

*Prof. MUDr. Jaroslav Pokorný, DrSc.
Fyziologický ústav 1. LF UK
Albertov 5
128 00 Praha 2
e-mail: pokorny@lf1.cuni.cz*

OCENĚNÍ CELOŽIVOTNÍ PRÁCE

V letošním roce oslaví vedoucí redaktor časopisu Česká a slovenská psychiatrie doc. MUDr. František Faltus, DrSc., významné životní jubileum. U této příležitosti mu Česká lékařská společnost J. E. Purkyně udělila prestižní „**Medaili J. E. Purkyně**“ za celoživotní zásluhy v oblasti medicíny.

Děkanát 1. LF UK v Praze mu propůjčil „**Medaili I. lékařské fakulty Univerzity Karlovy**“ za jeho mnoholetou vědeckou a pedagogickou činnost v rámci fakulty.

Medaile byly doc. Faltusovi předány na slavnostním zasedání Psychiatrické společnosti ČLS JEP u příležitosti oslav 110. výročí narození významného českého psychiatra profesora Vladimíra Vondráčka.

K oběma vyznamenáním doc. Faltusovi upřímně blahopřejeme.

*Redakční rada časopisu
Česká a slovenská psychiatrie*