

doi: 10.14735/amcsnn2018410

# Možnosti regulace neuroimunitních a neuroendokrinních dějů pomocí fyzioterapie

## Possibilities of regulation of neuroimmune and neuroendocrine processes using physiotherapy

### Souhrn

Článek přináší přehled o potenciálních možnostech fyzioterapie zasahovat do neuroendokrinoimunitního systému u nemocných s RS. Popisuje principy, které jsou ve fyzioterapii využívány tak, aby nastartovaly adaptační procesy imunitního a endokrinního systému.

### Abstract

The article provides an overview of the potential possibilities of physiotherapy to interfere with the neuroendocrine-immune system in patients with MS. Article describes the principles used in physiotherapy to start adaptation processes of the immune and endocrine system.

### Klíčová slova

fyzioterapie – osa hypothalamus-hypofýza-kůra nadledvin – dehydroepiandrosteron – roztroušená skleróza – dlouhodobá potenciace – pohybová zátěž

### Key words

physiotherapy – hypothalamic-pituitary-adrenal axis – dehydroepiandrosterone – multiple sclerosis – long term potentiation – physical stress

Autoři deklarují, že v souvislosti s předmětem studie nemají žádné komerční zájmy.

The authors declare they have no potential conflicts of interest concerning drugs, products, or services used in the study.

Redakční rada potvrzuje, že rukopis práce splnil ICMJE kritéria pro publikace zasílané do biomedicínských časopisů.

The Editorial Board declares that the manuscript met the ICMJE "uniform requirements" for biomedical papers.

G. Angelová<sup>1</sup>, M. Bičíková<sup>2</sup>,  
L. Kolátorová<sup>2</sup>, P. Kučera<sup>3</sup>,  
M. Grünerová Lippertová<sup>1</sup>,  
K. Řasová<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Klinika rehabilitačního lékařství,  
3. LF UK a FNKV v Praze

<sup>2</sup> Oddělení steroidů a proteofaktorů,  
Endokrinologický ústav v Praze

<sup>3</sup> Ústav imunologie, 3. LF UK v Praze



Mgr. Gabriela Angelová  
Klinika rehabilitačního lékařství  
3. LF UK  
Ruská 87, 100 00 Praha 10  
e-mail: gabriela@list.sk

Přijato k recenzi: 28. 10. 2017

Přijato do tisku: 25. 6. 2018

Článek byl podpořen granty 260388/SVV/2017 a Q37.

### Úvod

Současný výzkum se zabývá rozvojem imunoaktivních terapeutických přístupů v léčbě RS [1]. První pilotní studie ukazují, že jednou z možností aktivního ovlivňování neuroendokrinoimunitního systému je fyzioterapie. Zátěž/cvičení [2–4] a facilitační fyzioterapie [5] ovlivňují adaptační procesy imunitního a endokrinního systému u nemocných s RS. V tomto článku se věnujeme fyziologickým

principům, které se ve fyzioterapii mohou k ovlivnění neuroendokrinoimunitního systému využít. Jde zatím o nespecifické působení, které by však mohlo významně zefektivnit léčbu nemocných s RS.

### Imunitní systém a jeho odpověď na pohybovou zátěž

Pohybová aktivita v závislosti na intenzitě, trvání a pravidelnosti ovlivňuje přiroze-

nou imunitu, funkci T lymfocytů a v malém množství i B lymfocytů a jejich zvýšenou sekreci do periferní krve. Během tělesné aktivity se mění i odpověď cytokinů prostřednictvím změn hemodynamiky a změn sekrece endokrinních hormonů [6]. Během cvičení vzrůstá počet imunitních buněk v periferním krevním oběhu. Dochází také k vyplavování natural killers (NK) buněk. Koncentrace neutrofilů se během pohybové aktivity, ale

i po jejím ukončení zvyšuje. Současně dochází ke změnám ve vzájemném poměru T buněk – snižuje se počet Th lymfocytů (pomocné T lymfocyty) vůči cytotoxickým T lymfocytům (Tc) [6,7]. Po ukončení cvičení se některé složky imunitního systému, např. počty lymfocytů, NK buněk a lymphokine activated killer (LAK) buněk, dle intenzity a trvání zátěže až na 6 h snižují. U neutrofilů, které tvoří až 50–70 % z cirkulujících bílých krvinek, naopak přetrvává neutrofilie kompenzující snížení ostatních komponent imunitního systému [8].

### Endokrinní systém v reakci na pohybovou zátěž

Pohybovou aktivitou je fyziologicky aktivována osa hypotalamus-hypofýza-kůra nadledvin (HPA), což vede ke změnám hladiny glukokortikoidů. Při náhlé intenzivní zátěži jsou glukokortikoidy schopny imunitní funkce zvyšovat, zatímco při pravidelné zátěži submaximální intenzity inhibovat – potlačují produkci prozánětlivých cytokinů a podporují produkci protizánětlivých [9]. Během pohybové aktivity jsou aktivací sympatického nervového systému uvolňovány katecholaminy, zejména adrenalin a noradrenalin. Jejich vyplavení indukuje změny  $\beta$ -adrenergických receptorů [6,9,10].

Experimenty na zvířecích modelech prokázaly sníženou funkci osy HPA u krys s RS [11]. V humánní medicíně se v závislosti na typu a stadiu RS vyskytuje jak snížená, tak zvýšená funkce osy HPA. U relaps-remitentní formy RS byly zjištěny nižší hladiny glukokortikoidů a snížená senzitivita glukokortikoidních receptorů [9]. Dále byla u nemocných s RS prokázána signifikantně vyšší klidová hladina noradrenalinu. Odpověď adrenalinu a noradrenalinu na psychický stres se však oproti zdravým kontrolám neliší [12]. Reakce osy HPA na pravidelný trénink aerobního charakteru (8 týdnů, 2x týdně na 75 % maxima dosažené hodnoty ve watttech) byla u stabilizovaných pacientů s RS s nižším neurologickým deficitem podobná jako u zdravých dobrovolníků [2]. Koncentrace adrenokortikotropního hormonu, kortizolu, adrenalinu a noradrenalinu v klidu a v odpovědi na 30min zátěžový test se po pravidelném tréninku (60 % maximální spotřeba kyslíku [VO<sub>2</sub> max]) u nemocných s RS nezměnily [3]. Pouze u nemocných s RS bez pravidelného tréninku se při zátěži ukázal trend k nižší cytokinové odpovědi, který není zcela typický pro prozánětlivou reakci (tumor nekrotizující faktor  $\alpha$  a interleukin 10) [2].

### Imunitní a endokrinní reakce ovlivňující plasticitu mozku

Pravidelná aerobní zátěž [11,13–16] a fyzioterapie na neurofyziologickém podkladě [5] ovlivňují imunitní a endokrinní reakce, a tím i plasticitu mozku.

Podle dostupných poznatků pravidelná fyzická aktivita iniciuje molekulární a buněčné kaskády, které podporují a udržují plasticitu mozku. Pohybová aktivita indukuje expresi genů, které kódují brain-derived neurotrophic factor (BDNF) [13]. Tento faktor podporuje přežití a růst mnoha podtypů neuronů vč. glutamatergických neuronů [17]. Cvičení navíc podporuje vaskularizaci mozku, neurogenezi, funkční změny v neuronových strukturách a odolnost neuronů vůči poškození [10,13]. Aerobní trénink (8 týdnů, 2x týdně, intenzita 75 % maxima dosažené hodnoty ve watttech) u nemocných s RS vedl ke zvýšení hladiny klidové hodnoty BDNF i jeho hodnoty po zátěži [3,14] a ke zvýšení nerve growth factor (NGF) podobně jako u zdravých kontrol. Přechodné zvýšení BDNF při jednorázovém středně náročném cvičení by mohlo pomáhat neuronální regeneraci a plasticitě [14]. Dlouhodobé cvičení střední zátěže by mohlo vést k trvale zvýšené hladině neurotrofických látek v séru [14].

Pravidelné zatěžování submaximální intenzity vede u RS k podobným reakcím imunitního a endokrinního systému jako u zdravé populace a má příznivý vliv na průběh onemocnění. Tyto změny mohou být způsobeny imunomodulací při tréninku nebo kompenzací negativního vlivu dlouhodobé nízké aktivity [2].

### Neurofyziologické vysvětlení efektu facilitační fyzioterapie

Facilitační fyzioterapie ovlivňuje imunitní a endokrinní systém pravděpodobně díky propojení mozečku s limbickým systémem (via Papežův okruh) [15–18]. Facilitační fyzioterapie využívá různých senzomotorických technik (somatosenzorické stimuly – taktilní, sluchové, zrakové podněty) v rozdílných posturálních pozicích, čímž stimuluje mozeček, a tím ovlivňuje i další systémy, mezi nimi i imunitní. Mimo jiné využívá základní mechanismus učení a paměti – dlouhodobou potenciaci (long-term potentiation; LTP), při které dochází k dlouhodobému zesílení synaptického přenosu mezi dvěma neurony jako výsledku jejich současné stimulace [19,20].

Zesílení přenosu spočívá jednak ve zvýšení koncentrace intracelulárního kalcia

v postsynaptickém neuronu současně se zvýšením jeho citlivosti (tj. zvýšením počtu postsynaptických receptorů) [21,22]. Podstata LTP spočívá v tom, že krátkodobá vysokofrekvenční stimulace v některé ze tří hlavních hipokampálních drah vyvolá zvýšení synaptické aktivity, které přetrvává po dlouhou dobu [23].

LTP je ve své podstatě přetrvávající synaptická aktivita, která může být navozena krátkodobou vysokofrekvenční stimulací hipokampálních neuronů. Má časnou a pozdní fázi [24].

Časná fáze LTP začíná okamžitě po tetanické stimulaci a trvá od 1 do 3 h. Tato fáze ke svému průběhu nevyžaduje syntézu proteinů a je navozena jednorázovou vysokofrekvenční stimulací.

Pozdní fáze LTP naproti tomu vyžaduje větší počet vysokofrekvenčních stimulací a přetrvává alespoň 24 h, přičemž je potřebná aktivace genů. Je blokována inhibitory proteosyntézy, inhibitory RNA syntézy a inhibitory proteinkinázy A. Tato pozdní fáze může být aktivována cyklickým adenosinmonofosfátem, jedním z druhých posluš, kteří stojí i u zrodu signálu aktivujícího geny v jádře.

V klidovém stavu je přenos signálu většínou neúspěšný a zdaří se jen ojediněle. Po stimulaci v časně fázi LTP je úspěšnost přenosu signálu mnohem větší. Časná fáze LTP je důsledkem zvýšení pravděpodobnosti uvolnění vezikul, aniž však musí být navýšen počet uvolňujících míst.

Při pozdní fázi LTP naopak dochází k nárůstu nových, uvolňovacích míst na presynaptických zakončeních a zároveň k tvorbě nových receptorů v dendritických trnech na postsynaptické buňce. To ve svém důsledku vede i ke zvýšení počtu synapsí [25].

Během LTP je současně s nervovým systémem aktivován i systém imunitní [26]. Některé molekuly, které se primárně podílejí na imunitních funkcích (např. cytokiny), také aktivně modulují synaptické paměťové procesy [27].

Navíc ionotropní či metabotropní glutamátové receptory aktivované při terapii jsou součástí jak neuronů, tak imunitních buněk, čímž může být modulována indukce LTP anebo ovlivněna funkčnost lymfocytů [15]. Somatosenzorické podněty využívané ve fyzioterapii aktivují (a regulují) mimo jiné cerebellum následně via hypothalamus – paleocerebellum a neocerebellum a limbický systém [19], odtud pak přes osu HPA imunitní systém [9].

## Úloha dehydroepiandrosteronu a jeho sulfátů u autoimunitních onemocnění

Výzkumy ukázaly, že dehydroepiandrosteron (DHEA) a jeho deriváty hrají významnou roli při rozvoji autoimunitních onemocnění [20]. DHEA je společně s jeho sulfátem jedním z nejhorněji zastoupených steroidních hormonů v lidském organismu. Kromě kůry nadledvin je DHEA syntetizován v gliích mozku, a proto je společně s jeho metabolity řazen mezi neurosteroidy [28,29]. DHEA je důležitý endogenní neurohormon se širokou škálou biologických funkcí, z nichž nejdůležitější v patogenezi RS mohou být následující: snižuje zánětlivé procesy, moduluje buněčnou imunitu, má neuroprotektivní účinky, zlepšuje kognitivní funkce, posiluje paměť, chrání před apoptózou a antagonizuje účinky oxidačních látek a glukokortikoidů [28] a hraje roli při myelinizaci [30]. Snížené hladiny DHEA/DHEA-sulfátu byly pozorovány u některých neurodegenerativních neuropsychiatrických poruch [23,24,28], rovněž u RS [25,31].

Mechanismus neuroprotektivního účinku DHEA je nejčastěji vysvětlován pozitivní modulací GABAA a N-metyl-D-aspartátových (NMDA) receptorů. Za neuroprotektivními vlastnostmi DHEA mohou ovšem stát také jeho metabolity vznikající v mozku [27]. Jedná se především o metabolity oxidované či hydroxylované v poloze 7, konkrétně 7 $\alpha$ -hydroxy-DHEA, 7 $\beta$ -hydroxy-DHEA nebo 7-oxo-DHEA [32–34]. Jejich imunoprotektivní, antiglukokortikoidní, antioxidační, antiapoptotické a neuroprotektivní účinky mohou značně přispívat k podobným účinkům původně přisuzovaným samotnému DHEA [23,27,28,35–39].

Jeho neuroprotektivní role již byla dokumentována v několika studiích [40–44]. V naší studii [5] jsme předpokládali, že pomocí facilitační fyzioterapie ovlivníme hladinu DHEA. Vycházeli jsme z výsledků studie [45,46], ve které došlo ke zvýšení hladiny DHEA (z 2,73 na 3,08  $\mu\text{mol/l}$ ;  $p < 0,04$ ) a signifikantnímu snížení hladiny hormonu kortizolu (z 804 na 304  $\text{nmol/l}$ ;  $p < 0,00001$ ) u žen po operaci štítné žlázy po komplexní lázeňské léčebné rehabilitační péči s fyzioterapií.

## Závěr

Fyzioterapie má potenciál zasahovat přirozenými podněty do neuroendokrinoimunitního systému, a regulovat tak složité neuroimunitní děje v CNS. K tomu, aby tato možnost byla využita cíleně, bude

potřeba realizovat ještě řadu vědeckých studií.

## Literatura

- Di Filippo M, Sarchielli P, Picconi B et al. Neuroinflammation and synaptic plasticity: theoretical basis for a novel immune-centred therapeutic approach to neurological disorders. *Trends Pharmacol Sci* 2008; 29(8): 402–412. doi: 10.1016/j.tips.2008.06.005.
- Heesen C, Gold SM, Hartmann S et al. Endocrine and cytokine responses to standardized physical stress in multiple sclerosis. *Brain Behav Immun* 2003; 17(6): 473–481.
- Schulz KH, Gold SM, Witte J et al. Impact of aerobic training on immune-endocrine parameters neurotrophic factors quality of life and coordinative function in multiple sclerosis. *J Neurol Sci* 2004; 225(1–2): 11–18. doi: 10.1016/j.jns.2004.06.009.
- Castellano V, Patel DJ, White LJ. Cytokine responses to acute and chronic exercise in multiple sclerosis. *J Appl Physiol* (1985) 2008; 104(6): 1697–1702. doi: 10.1152/jappphysiol.00954.2007.
- Rasova K, Dolezil D, Kalistova H et al. Physiotherapy as an immunoreactive therapy? A pilot study. *Neuro Endocrinology Lett* 2012; 33(1): 67–75.
- Hoffman-Goetz L, Pedersen BK. Exercise and the immune system: a model of the stress response? *Immunol Today* 1994; 15(8): 382–387. doi: 10.1016/0167-5699(94)90177-5.
- Walsh N, Gleeson M, Shephard RJ et al. Position statement. Part one: immune function and exercise. *Exerc Immunol Rev* 2011; 17: 6–63.
- Brines R, Hoffman-Goetz L, Pedersen BK. Can you exercise to make your immune system fitter? *Immunol Today* 1996; 17(6): 252–254.
- Kern S, Ziemssen T. Brain-immune communication psychoneuroimmunology of multiple sclerosis. *Mult Scler* 2008; 14(1): 6–21. doi: 10.1177/1352458507079657.
- White LJ, Castellano V. Exercise and brain health – implications for multiple sclerosis: Part II – immune factors and stress hormones. *Sports Med* 2008; 38(3): 179–186.
- Steffler A, Linington C, Holsboer F et al. Susceptibility and resistance to experimental allergic encephalomyelitis: relationship with hypothalamic-pituitary-adrenocortical axis responsiveness in the rat. *Endocrinology* 1999; 140(11): 4932–4938. doi: 10.1210/endo.140.11.7109.
- Heesen C, Schulz H, Schmidt M et al. Endocrine and cytokine responses to acute psychological stress in multiple sclerosis. *Brain Behav Immun* 2002; 16(3): 282–287. doi: 10.1006/brbi.2001.0628.
- White LJ, Castellano V. Exercise and brain health – implications for multiple sclerosis: Part 1 – neuronal growth factors. *Sports Med* 2008; 38(2): 91–100.
- Gold SM, Schulz KH, Hartmann S et al. Basal serum levels and reactivity of nerve growth factor and brain-derived neurotrophic factor to standardized acute exercise in multiple sclerosis and controls. *J Neuroimmunol* 2003; 138(1–2): 99–105.
- Boldyrev AA, Carpenter DO, Johnson P. Emerging evidence for a similar role of glutamate receptors in the nervous and immune systems. *J Neurochem* 2005; 95(4): 913–918. doi: 10.1111/j.1471-4159.2005.03456.x.
- Onat F, Cavdar S. Cerebellar connections: hypothalamus. *Cerebellum* 2003; 2(4): 263–269. doi: 10.1080/14734220310016187.
- Cotman CW, Berchtold NC. Exercise: a behavioral intervention to enhance brain health and plasticity. *Trends Neurosci* 2002; 25(6): 295–301.
- Zhu JN, Yung WH, Kwok-Chong Chow B et al. The cerebellar-hypothalamic circuits: potential pathways underlying cerebellar involvement in somatic-visceral integration. *Brain Res Rev* 2006; 52(1): 93–106. doi: 10.1016/j.brainresrev.2006.01.003.

- Molinari M, Filippini V, Leggio MG. Neuronal plasticity of interrelated cerebellar and cortical networks. *Neuroscience* 2002; 111(4): 863–870.
- Bicikova M, Tallová J, Hill M et al. Serum concentrations of some neuroactive steroids in women suffering from mixed anxiety-depressive disorder. *Neurochem Res* 2000; 25(12): 1623–1627.
- Daoudal G, Debanne D. Long-term plasticity of intrinsic excitability: learning rules and mechanisms. *Learn Mem* 2003; 10(6): 456–465. doi: 10.1101/lm.64103.
- Cooke SF, Bliss TV. Plasticity in the human central nervous system. *Brain* 2006; 129(7): 1659–1673. doi: 10.1093/brain/awl082.
- Hampel R, Hill M, Stárka L. DHEA metabolites during the life span. In: Morfin R (ed). *DHEA and the brain*. London and New York: Taylor & Francis 2002.
- El Kihel L. Oxidative metabolism of dehydroepiandrosterone (DHEA) and biologically active oxygenated metabolites of DHEA and epiandrosterone (EpiA)-recent reports. *Steroids* 2012; 77(1–2): 10–26. doi: 10.1016/j.steroids.2011.09.008.
- Tellez N, Comabella M, Julià E et al. Fatigue in progressive multiple sclerosis is associated with low levels of dehydroepiandrosterone. *Mult Scler* 2006; 12(4): 487–494. doi: 10.1191/1352458505ms1322oa.
- Bains JS, Oliet SH. Glia: they make your memories stick! *Trends Neurosci* 2007; 30(8): 417–424. doi: 10.1016/j.tins.2007.06.007.
- Baulieu E, Schumacher M. Progesterone as a neuroactive neurosteroid with special reference to the effect of progesterone on myelination. *Steroids* 2000; 65(10–11): 605–612.
- Stárka L, Dušková M, Hill M. Dehydroepiandrosterone: a neuroactive steroid. *J Steroid Biochem Mol Biol* 2015; 145: 254–260. doi: 10.1016/j.jsbmb.2014.03.008.
- Corpéchet C, Robel P, Axelton M et al. Characterization and measurement of dehydroepiandrosterone sulfate in rat brain. *Proc Natl Acad Sci U S A* 1981; 78(8): 4704–4707.
- Li A, Bigelow JC. The 7-hydroxylation of dehydroepiandrosterone in rat brain. *Steroids* 2010; 75(6): 404–410. doi: 10.1016/j.steroids.2010.02.003.
- Kümpfel T, Then Bergh F, Friess E et al. Dehydroepiandrosterone response to the adrenocorticotropic test and the combined dexamethasone and corticotropin-releasing hormone test in patients with multiple sclerosis. *Neuroendocrinology* 1999; 70(6): 431–438. doi: 10.1159/000054505.
- Doostzadeh J, Cotillon AC, Benalychérif A et al. Inhibition studies of dehydroepiandrosterone 7 $\alpha$ - and 7 $\beta$ -hydroxylation in mouse liver microsomes. *Steroids* 1998; 63(11): 608–614.
- Doostzadeh J, Morfin R. Studies of the enzyme complex responsible for pregnenolone and dehydroepiandrosterone 7 $\alpha$ -hydroxylation in mouse tissues. *Steroids* 1996; 61(10): 613–620.
- Akwa Y, Morfin R, Robel P et al. Neurosteroid metabolism. 7  $\alpha$ -Hydroxylation of dehydroepiandrosterone and pregnenolone by rat brain microsomes. *Biochem J* 1992; 288(3): 959–964.
- Morfin R, Lafaye P, Cotillon AC et al. 7 $\alpha$ -Hydroxy-Dehydroepiandrosterone and Immune Response. *Ann NY Acad Sci* 2000; 917: 971–982.
- Hampel R, Hill M, Sterzl I et al. Immunomodulatory 7-hydroxylated metabolites of dehydroepiandrosterone are present in human semen. *J Steroid Biochem Mol Biol* 2000; 75: 273–276.
- Pelissier MA, Trap C, Malewiak MI et al. Antioxidant effects of dehydroepiandrosterone and 7 $\alpha$ -hydroxy-dehydroepiandrosterone in the rat colon intestine and liver. *Steroids* 2004; 69(2): 137–144. doi: 10.1016/j.steroids.2003.12.006.
- Akwa Y, Young J, Kabbadj K et al. Neurosteroids: biosynthesis metabolism and function of pregnenolone

and dehydroepiandrosterone in the brain. *J Steroid Biochem Mol Biol* 1991; 40(1–3): 71–81.

39. Jellinck H, Croft G, McEwen BS et al. Metabolism of dehydroepiandrosterone by rodent brain cell lines: Relationship between 7-hydroxylation and aromatization. *J Steroid Biochem Mol Biol* 2005; 93(1): 81–86. doi: 10.1016/j.jsbmb.2004.11.008.

40. Bicikova M, Ripová D, Hill M et al. Plasma levels of 7-hydroxylated dehydroepiandrosterone (DHEA) metabolites and selected amino-thiols as discrimina-

tory tools of Alzheimer's disease and vascular dementia. *Clin Chem Lab Med* 2004; 42(5): 518–524. doi: 10.1515/CCLM.2004.088.

41. Morfin R, Stárka L. Neurosteroid 7-hydroxylation products in the brain. *Int Rev Neurobiol* 2001; 46: 79–95.

42. Friess E, Schiffelholz T, Steckler T et al. Dehydroepiandrosterone – a neurosteroid. *Eur J Clin Invest* 2000; 30 (Suppl 3): 46–50.

43. Allolio B, Arlt W. DHEA treatment: myth or reality? *Trends Endocrinol Metab* 2002; 13(7): 288–294.

44. Schumacher M, Weill-Engerer S, Liere P et al. Steroid hormones and neurosteroids in normal and pathological aging of the nervous system. *Prog Neurobiol* 2003; 71(1): 3–29.

45. Jandova D, Bicikova M, Hill M et al. Health resort treatment improved the neurosteroid profile in thyroidectomized women. *Endocr Regul* 2008; 42(1): 17–22.

46. Jandová D, Bičíková M, Čeřovská I et al. Hormonální změny u tyreidektomovaných žen v rámci následné rehabilitační léčby. *Rehabil Fyz Lék* 2006; 13(1): 7–15.

## Výsledky soutěže ČNS ČLS JEP o nejlepší publikaci z roku 2017

V kategorii **Cena ČNS za vynikající originální práci** cenu získala publikace:

M. Brázdil, M. Pail, J. Halámek, F. Plešinger, J. Cimbálník, R. Roman, P. Klimeš, P. Daniel, J. Chrastina, E. Brichtová, I. Rektor, G. A. Worrell, P. Jurák. Very high-frequency oscillations: novel biomarkers of the epileptogenic zone. *Ann Neurol* 2017; 82(2): 299–310.

V kategorii **Cena ČNS za nejlepší monografii či učební text** cenu získala monografie:  
D. Horáková et al. Autoimmunity nervového systému v kazuistikách. Praha: Mladá Fronta 2017.  
ISBN 978-80-204-4572-8.

V kategorii **Hennerova cena ČNS pro mladé autory do 35 let za vynikající originální práci roku** cenu získala publikace:

P. Filip, C. Gallea, S. Lehéricy, E. Bertasi, T. Popa, R. Mareček, O. V. Lungu, T. Kašpárek, J. Vaníček, M. Bareš. Disruption in cerebellar and basal ganglia networks during a visuospatial task in cervical dystonia. *Mov Disord* 2017; 32(5): 757–768.

V kategorii **Cena ČNS za vynikající krátké sdělení či kazuistiku** nebyla přihlášena žádná práce.

**Mimořádnou cenu ČNS za publikaci roku** získala publikace:

J. Raputová, I. Šrotová, E. Vlčková, C. Sommer, N. Uceyler, F. Birklein, H. L. Rittner, C. Reborn, B. Adamová, I. Kovalová, E. Králíčková Nekvapilová, L. Forer, J. Bělobrádková, J. Olšovský, P. Weber, L. Dušek, J. Jarkovský, J. Bednařík. Sensory phenotype and risk factors for painful diabetic neuropathy: a cross-sectional observational study. *Pain* 2017; 158(12): 2340–2353.

*Všem soutěžícím děkujeme za aktivitu a vítězům gratulujeme!*