

Česká verze konceptuálního rámce tématu nervová soustava a zastoupení jeho konceptů ve středoškolských učebnicích

Czech version of a conceptual framework for the topic nervous system and representation of its concepts in secondary school textbooks

 Vanda Janštová^{1,*}, Jakub Spurný¹, Kamila Procházková²

¹ Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Viničná 7, 128 00 Praha 2; vanda.janstova@natur.cuni.cz

² 2. LF UK, Univerzita Karlova, V Úvalu 84, 150 06 Praha 5

Představujeme českou verzi konceptuálního rámce pro středoškolskou úroveň tématu nervová soustava, který vznikl jako výsledek Delphi studie pod vedením Pála Kvella a byl publikován v roce 2021. Česká verze byla připravena podle TRAPD metody. Bylo analyzováno zastoupení jednotlivých konceptů v devíti učebnicích či souhrnných publikacích středoškolské biologie. V učebních textech byly nejčastěji zastoupeny koncepty popisující anatomii nervové soustavy. Koncepty popisující fyziologii byly většinou v textech zastoupeny částečně, zatímco koncepty popisující souvislosti s chováním, učením, vnímáním, pocity a zkušenostmi jedince v analyzovaných textech typicky chyběly. Naopak některá fakta, která nepřispívají k pochopení principů, ale spíše ukazují na to, že učební texty odrážejí stav poznání starý řadu dekád, byla zastoupena napříč texty. I v tomto případě se potvrzuje, že české středoškolské učebnice biologie neodrážejí současný stav poznání a doporučení pro výběr vyučovaného obsahu. Překlad konceptuálního rámce může v českém prostředí sloužit jako inspirace pro výběr odborného obsahu učiva o nervové soustavě na středoškolské úrovni a podklad k tvorbě učebních materiálů odborníky i učiteli.

Klíčová slova:
konceptuální rámec,
obsahová analýza,
nervový systém, biologie,
středoškolské učebnice.

Zasláno 2/2023
Revidováno 3/2023
Přijato 4/2023

We present the Czech version of the conceptual framework of the nervous system for the secondary school level. The original framework was developed as a result of a Delphi study led by Pál Kvello (2021). The Czech version was prepared according to the TRAPD method. The representation of each concept in nine biology textbooks was analysed. Concepts describing the anatomy of the nervous system were the ones most frequently represented, concepts primarily related to physiology were typically partially included, and concepts describing the connections with behaviour, learning, perception, feelings, and experiences of the individual were typically missing. On the contrary, some facts that do not contribute to an understanding of the principles but rather indicate that the teaching texts reflect a state of knowledge that is many decades old were represented across the texts. Therefore, the Czech secondary school biology textbooks do not reflect the current state of knowledge and recommendations for the selection of content taught. The translation of the conceptual framework can serve as an inspiration for the selection of professional content on the nervous system at the secondary school level and a basis for the development of teaching materials by professionals and teachers in the Czech context.

Key words:
conceptual framework,
content analysis, nervous
system, biology, high
school textbooks.

Received 2/2023
Revised 3/2023
Accepted 4/2023

1 Úvod

Neurobiologie je disciplína, jejíž obsah se promítá do školního kurikula a učebnic. Zároveň jsou znalosti z neurobiologie a porozumění souvislostem mezi nimi důležité pro náš každodenní život. Mnohdy se setkáváme s „osvědčenými“ radami, jak efektivně studovat, zvýšit výkon mozku či s předsudky vyplývajícími z mylných představ o velikosti mozku. I učební materiály mohou obsahovat nesprávné představy o nervové soustavě, což vede k podpoře miskonceptů u žáků i učitelů (Redifer & Jackola, 2022). A protože naše představy o neurobiologii mohou ovlivnit naše chování a myšlení, je výběr učiva o nervové soustavě a jeho uchopení ve výuce často výzvou. Aby učitelé a tvůrci učebnic měli lépe podložený odborný obsah výuky o nervové soustavě, sestavili Kvello a Gericke (2021) pomocí Delphi studie s 15 odborníky základní koncepty neurobiologie pro úroveň středních škol. Věříme, že inspirace zahraničními trendy a její aplikace v českém kontextu může přinést nový impuls učitelům, didaktikům a obecně tvůrcům kurikula na různých úrovních při přemýšlení o obsahu výuky o nervové soustavě.

Cílem tohoto příspěvku je předložit český překlad výše popsaného konceptuálního rámce a odpovědět na následující výzkumnou otázku: Do jaké míry jsou neurobiologické koncepty obsaženy v jednotlivých středoškolských učebnicích?

2 Teoretická východiska

2.1 Neurobiologie ve výuce a ve veřejném prostoru

Neurobiologie studuje nervovou soustavu na všech úrovních od submolekulární po úroveň interakce nervové soustavy se zbytkem těla a okolím. Typicky je ve školních kurikulech zastoupena jako obor studující vztahy mezi strukturou a funkcí nervového systému, zejména na příkladu člověka (Department of Education, 2014), způsoby řízení organismu prostřednictvím nervového systému (Skolverket, 2019) či ve srovnání s hormonální soustavou (*Utdanningsdirektoratet. Læreplan i naturfag*, 2021), jak naznačuje i český RVP pro gymnázia, ve kterém je součástí „soustav regulačních“ (NGSS, 2013; MŠMT, 2022). Národní kurikula jsou z podstaty příliš obecná na to, aby konkrétně směřovala výuku o nervovém systému. Podrobnějším zdrojem informací pro plánování výuky bývají učebnice (Mullis et al., 2012; Rusek, 2021), i když učebnicím biologie bývá vytýkána neprovázanost témat, zavádějící znázornění bez bližšího vysvětlení spolu se zastaralostí obsahu a nejednotností terminologie (Dvořáková & Absolonová, 2016, 2017; Machová, 2020, 2021).

Zahraniční učebnice biologie pro střední školy obvykle obsahují rozdělení nervového systému na dvě hlavní části, a to centrální nervovou soustavu (CNS) a periferní nervovou soustavu (PNS). V případě CNS jsou nejčastěji popisovány jednotlivé části mozku spolu s jejich funkcí a s míchou. PNS bývá definována propojením CNS se zbytkem těla a dvěma hlavními částmi: somatickým nervovým systémem a autonomním (vegetativním) nervovým systémem. Dále jsou v učebnicích velmi často zobrazovány, ve většině případů chybně, nervové sítě v podobě reflexů – českový (patelární) reflex nebo reflexy ústupu, u kterých chybí znázornění zásadní role inhibičních neuronů (Kvello & Gericke, 2021) a struktura a funkce nervových buněk.

Existuje řada vzdělávacích internetových stránek v angličtině, které mohou učitelé i vědci použít jako pomůcku při vzdělávání a osvětě v oblasti neurobiologie (Chudler & Bergsman, 2014). Tyto zdroje vznikající ve spolupráci s odborníky odpovídají současnému poznání a mohou tak uvádět na pravou míru miskoncepce, které se nevyhýbají ani učitelům. Zhruba 90 % učitelů z Velké Británie a Nizozemí souhlasilo s nesprávným tvrzením, že někteří z nás využívají více levou část mozku a někteří pravou část mozku, což pomáhá vysvětlit rozdíly v tom, jak se učíme (Dekker et al., 2012). Tito autoři ukázali, že téměř polovina učitelů si například myslela, že používáme pouze 10 % mozku. Obdobně řadě neuromýtů, tj. mýtům z oblasti neurovědy, jak je definoval dokument OECD (2002), věří řada řeckých, čínských a tureckých učitelů, což může mít dopady na vzdělávání (Deligiannidi & Howard-Jones, 2015; Karakus et al., 2015; Pei et al., 2015). Neuromýty byly potvrzeny také mezi učiteli z Latinské Ameriky, v tomto případě byly méně zastoupeny mezi učiteli vyšších stupňů vzdělávání (Gleichgerrcht et al., 2015). Mezi další rozšířené neuromýty patří například: „*Prostředí bohaté na podněty vylepšuje mozek předškolních dětí.*“ a „*Jedinci se učí lépe, pokud přijímají informace v jimi preferovaném učebním stylu.*“ které jsou velmi časté jak mezi španělskými učiteli, tak napříč zkoumanými zeměmi, věří jim přes 90 % učitelů (Dekker et al., 2012, s. 4; Ferrero et al., 2016, s. 4). Důvěra v neuromýty byla prokázána i mezi studenty učitelství biologie a její míra nezávisela na ročníku univerzitního studia, během kterého byli studenti seznámeni s neurokoncepty (Grospietsch & Mayer, 2019). Nicméně mezi respondenty z řad široké veřejnosti klesala míra víry v neuromýty se vzrůstajícím vzděláním a četbou populárně-vědeckých zdrojů (Herculano-Houzel, 2002), což ukazuje na možnosti osvětě v této oblasti. V souladu s tím jsou zjištěny ze Spojených států amerických, že neuromýtům nejvíce věří zástupci veřejnosti, méně pak učitelé a ještě méně skupina respondentů, která je v kontaktu s neurovědami (Macdonald et al., 2017). Autoři jako Grospietsch a Mayer (2018), Kirschner (2017) a Newton (2015) vyzývají učitele, aby nevěřili neuromýtům, v tomto případě konkrétně o stylech učení, protože mají přímý dopad na vzdělávací praxi. Na možnosti využití poznatků neurověd ve výuce fyziky, v tomto případě zapracování možných způsobů uvažování do učebních materiálů, poukázali např. Červeňová a Demkanin (2023). Míra odtrženosti obsahu výuky od poznání výzkumu se nicméně v průběhu let zvětšuje (Goswami, 2006; Howard-Jones, 2014; Kvello & Gericke, 2021). Znalost a výběr odborného obsahu pro výuku jsou součástí didaktické znalosti obsahu (Shulman, 1986), nicméně výběr přiměřeného a odborně správného obsahu je (nejen) v případě nervového systému výzvou. Miskoncepce najdeme i ve vzdělávacích materiálech určených pro výuku či „trénování mozku“, jako jsou „BrainGym“ či hra „Brain Game“ autora V. Goswamiho (2006), na což poukazuje Hyatt (2007), který zdůrazňuje nutnost vzhledu učitelů do tematiky. I proto je vhodné nabídnout vodítka k volbě odborného obsahu výuky o nervové soustavě, například v podobě konceptuálního rámce.

2.2 Konceptuální rámec

Konceptuální rámec byl popsán jako „současná verze výzkumníkovy mapy zkoumaného území“ (Miles & Huberman, 1984). Jeho cílem je na základě literatury formulovat koncepty pro daný obor, a to včetně vztahů mezi nimi (Rocco & Plakhotnik, 2009; Anfara & Mertz, 2014; Luft et al., 2022). Dále je využíván

k formulování teorií či podrobnějších modelů (Leshem & Trafford, 2007; Veselý, 2018). Konceptuální rámec musí být relevantní a funkční vzhledem k účelu, kterým může být výzkum i výuka. Také je potřeba, aby byl komplexní a obsahoval všechny pojmy, které daný obor potřebuje, a vztahy mezi nimi, zároveň by měl být úsporný a nepoužívat nadbytečné pojmy a vztahy. Naopak by měl upřednostňovat nejjednodušší možná vysvětlení. Protože vědní obory se v čase vyvíjí, je třeba chápat konceptuální rámec jako dynamický nástroj a mít možnost ho průběžně upravovat (Veselý, 2018). Konceptuální rámec by měl sloužit jak odborné veřejnosti, tak učitelům. Takto široké publikum může vést k potřebě uzpůsobení pro jednotlivé skupiny a následně k větší srozumitelnosti, což napomáhá šíření hlavních myšlenek daného oboru.

Pro biologii byla navržena a popsána řada konceptuálních rámců, a to jak na úrovni celého oboru, popř. obecně přírodních věd (Harlen et al., 2010), tak konkrétních biologických témat jako jsou homeostáze, mezibuněčná komunikace, buněčná membrána, evolučně vývojová biologie či chování zvířat a ochrana přírody (Arthur, 2002; Berger-Tal et al., 2011; McFarland et al., 2017; Michael et al., 2017; Michael & Modell, 2019). V tomto příspěvku si klademe za cíl mj. představit konceptuální rámec pro středoškolskou úroveň poznatků o nervové soustavě (Kvello & Gericke, 2021).

2.2.1 Představení konceptuálního rámce

Konceptuální rámec pro výuku nervové soustavy byl sestaven autory Kvello a Gericke (2021) Delphi metodou. Díky ní dosáhli shody mezi 15 odborníky na tom, které koncepty jsou ty zásadní pro výuku středoškolského učiva o nervové soustavě s důrazem na pochopení fungování nervového systému. Konceptuální rámec tvoří 26 konceptů rozdělených do šesti oblastí (v závorkách jsou uvedena čísla konceptů): i) anatomie a funkce (1–4), ii) typy buněk a funkční jednotky (5–7), iii) nervový vzruch (8, 9), iv) propojení neuronů (10–14), v) šíření nervových vzruchů sítěmi neuronů (15–21) a vi) plasticita nervového systému (22–26). Konceptuální rámec obsahuje jednodušší i složitější koncepty, které na sebe navazují, a postupně dochází k rozvíjení porozumění složitějším principům a jevům. Některé koncepty objasňují a rozvádějí anatomii a fyziologii nervové soustavy, jiné přinášejí aktuální poznatky, jako jsou vzájemná propojenost těla a mysli, učení jako celoživotní aktivita s přínosem pro zdraví, duševní život a chování dospívajících, vědomí a svobodná vůle či duševní a neurologické poruchy a poruchy spjaté s užíváním návykových látek, tedy témata akcentovaná mezinárodními organizacemi (OECD, 2007; WHO, 2013).

3 Metodika

Při překladu konceptuálního rámce (Kvello & Gericke, 2021) jsme využili TRAPD metodu (Harkness et al., 2004). V první fázi (translation) jsme získali čtyři nezávislé překlady (autoři studie a profesionální překladatelka), tyto překlady jsme porovnali (review) a následně diskutovali spolu s osloveným neurobiologem z Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy (PřF UK), než bylo dosaženo konsenzu po obsahové stránce. Tato verze byla stylisticky upravena odborníkem na český jazyk. Pro hodnotící fázi (adjudication) byl opět osloven neurobiolog z PřF UK, který společně s jednou z autorek (KP) z 2. lékařské fakulty Univerzity Karlovy zkontroloval terminologickou správnost. V celém průběhu přípravy českého překladu neurokonceptů jsme jednotlivé kroky a jejich výsledky zaznamenávali (documentation).

Zastoupení jednotlivých konceptů pro nervovou soustavu v českých středoškolských učebnicích a souhrnech středoškolské gymnaziální látky, seznam viz tab. 1, jsme vyhodnotili obsahovou analýzou obdobně jako např. autoři Parthasarathy a Premalatha (2022).

Dva hodnotitelé nezávisle na sobě hodnotili zastoupení konceptů ve třech gymnaziálních učebnicích na následující škále:

- I) koncept je cele obsažen (kódováno jako „ano“).
- II) koncept je obsažen částečně (některá část konceptu v textu chybí), či je terminologie chybná/odlišná (kódováno jako „částečně“).
- III) koncept není obsažen (kódováno jako „ne“).

Shoda byla spočítána jako podíl buněk se stejným kódem a všech kódovaných buněk. První míra shody činila 57,69 % (Kočárek, 2010a); 76,92 % (Jelínek & Zicháček, 2021); resp. 96,15 % (Kočárek, 2010b), nebyla tedy dostatečná. Proto byli osloveni další dva hodnotitelé a kritéria byla znovu diskutována a sjednocena. Podruhé byly čtyřmi hodnotiteli hodnoceny učebnice s nízkou mírou shody (Jelínek & Zicháček, 2021; Kočárek, 2010a). Míra shody byla poté dostačující, 88,46, resp. 92,31 %. Následně

Tab. 1: Seznam analyzovaných učebních textů

Autor	Název	Rok vydání	Vydavatelství	Vydání	Typ školy
Jelínek & Zicháček, 2021	Biologie pro gymnázia	2021	Nakladatelství Olomouc	12.	gymnázia
Kočárek, 2010a	Biologie člověka 1 – somatologie, antropologie, fyziologie, imunologie	2010	Scientia	1.	SS, gymnázia
Kočárek, 2010b	Biologie člověka 2 – souhrn učiva, ochrana zdraví, klíčové pojmy, testové otázky	2010	Scientia	1.	SS, gymnázia
Novotný & Hruška, 2021	Biologie člověka	2021	Fortuna	6.	SS, gymnázia
Odstrčil & Hruža, 2008	Biologie pro zdravotnické školy	2008	NCO NZO	5.	SZŠ
Křivánková, 2019	Somatologie – Učebnice pro střední zdravotnické školy	2019	Grada	2. doplněné vydání	SZŠ
*Rosypal a kol., 2003	Nový přehled biologie	2003	Scientia	1.	
*Benešová a kol., 2013	Odmaturuj! z biologie	2013	Didaktis	2. přepracované vydání	
*Hančová & Vlková, 2009	Biologie v kostce: pro střední školy	2008	Fragment	1.	

vysvětlivky

SS – střední škola

SZŠ – střední zdravotnická škola

* souhrn středoškolského učiva

učebnice pro zdravotní školy, zbylou učebnici pro gymnázia a souhrny středoškolského učiva hodnotil jeden hodnotitel.

Koncepty byly také na základě převažujícího odborného zaměření dvěma autory zařazeny do jedné z následujících kategorií i) anatomie; ii) fyziologie; iii) souvislosti (typicky s každodenními vnějšími projevy, jako je chování, vnímání, pocity, zkušenosti).

4 Výsledky

Předkládáme český překlad konceptuálního rámce (Kvello & Gericke, 2021), viz tab. 2.

Z 26 konceptů bylo 10 zařazeno mezi anatomické, 7 mezi fyziologické, 7 bylo hodnoceno jako souvislostní a dva na pomezí kategorií fyziologie a souvislostí.

Výsledky obsahové analýzy středoškolských učebnic a souhrnů středoškolské látky ukázaly, že se typicky v učebnicích vyskytovaly zejména anatomicky zaměřené koncepty (celkem 7 z 10, koncepty č. 1, 2, 3, 5, 6, 10, 18) spolu s jedním fyziologickým (koncept č. 12). V učebních textech naopak typicky chybělo šest ze sedmi konceptů popisujících souvislost (koncepty č. 4, 16, 19, 22, 25, 26), oba dva koncepty propojující fyziologii se souvislostmi (koncepty č. 20 a 21) a jeden fyziologický koncept (koncept č. 23).

S ohledem na tematické okruhy učiva, ze kterých jednotlivé koncepty vychází, jsou v učebních textech alespoň částečně zastoupeny tři ze čtyř konceptů okruhu i) anatomie funkce (koncepty č. 1–3), čtvrtý koncept (č. 4) chybí; ii) dva koncepty z okruhu typu buněk a funkční jednotky jsou zastoupeny (koncepty č. 5 a 6), třetí je částečně zastoupen (č. 7), iii) oba koncepty (č. 8 a 9) popisující téma nervový vzruch jsou zastoupeny částečně, iv) z pěti konceptů zaměřených na propojení neuronů dva typicky v učebních textech jsou nebo částečně jsou (č. 10 a 12), jeden je v necelé polovině textů (č. 11), zbylé dva nejsou v analyzovaných textech zastoupeny, nebo jsou zastoupeny pouze částečně (č. 13, 14), v) čtyři koncepty popisující šíření nervových vzruchů sítěmi neuronů v analyzovaných textech chybí (č. 16, 19–21), ze zbylých tří jsou dva zastoupeny pouze v některých textech (č. 15 a 17) a jeden koncept je zastoupen typicky alespoň částečně (č. 18); nejméně zastoupené je téma vi) plasticita nervového systému, z pěti konceptů dva chybí ve všech analyzovaných textech (č. 25 a 26), zbylé tři jsou zastoupeny maximálně v jednom textu, typicky pouze částečně (č. 22–24).

Tab. 2: Český překlad konceptů o nervové soustavě autorů Kvello a Gericke (2021)

Číslo konceptu	Znění konceptu
1.	Nervovou soustavu obratlovců tvoří mozek, mícha, ganglia a nervy. Součástí centrální nervové soustavy (CNS) jsou mozek a mícha, zatímco ganglia a nervy tvoří periferní nervovou soustavu (PNS). PNS propojuje CNS se zbytkem těla.
2.	PNS se skládá z dostředivých nervů, které vedou informace o vnějším prostředí a těle do CNS, a odstředivých nervů, které vedou informace z CNS do svalů a žláz. Díky tomuto uspořádání nervová soustava ovlivňuje ostatní orgánové soustavy (např. oběhovou, trávicí a svalovou soustavou, imunitní systém či soustavu žláz s vnější a vnitřní sekrecí) a zároveň je jimi ovlivňována.
3.	Odstředivé nervy se běžně dělí na somatický nervový systém, který řídí činnost kosterního svalstva, a vegetativní (autonomní) nervový systém, který řídí činnost vnitřních orgánů. Oba tyto systémy spolupracují na vytvoření jednotné reakce organismu na všech úrovních, tj. fyziologické, emocionální a na úrovni chování.
4.	Mozek neustále vytváří i nervové vzruchy, které jsou nezávislé na smyslových podnětech, zároveň ale jimi mohou být ovlivňovány.
5.	Nervová soustava se skládá ze dvou hlavních typů buněk: a) neuronů, které přijímají, zpracovávají a vysílají nervový vzruch; b) gliových buněk, které neurony chrání, vyživují a podporují jejich funkci.
6.	Neuron se obvykle skládá ze tří hlavních částí: a) buněčného těla; b) dendritů, které přijímají nervové vzruchy z několika dalších buněk; c) jednoho dlouhého výběžku, tzv. axonu, který se na konci několikanásobně větví. Na koncích větvení jsou nervová zakončení, která vedou nervové vzruchy do několika dalších neuronů.
7.	Existuje mnoho typů neuronů, které se obecně dělí dvěma způsoby na základě: a) místa příjmu a vysílání nervových vzruchů: i. dostředivé neurony, které přijímají vzruchy (světlo, zvuk atd.) z vnějšího prostředí, přetváří je do nervových vzruchů a posílají je do neuronů v centrálním nervovém systému; ii. odstředivé neurony, které přijímají nervové vzruchy z neuronů v centrálním nervovém systému a posílají je do svalů a žláz; iii. lokální interneurony, které přijímají nervové vzruchy z neuronů v konkrétní oblasti nervového systému a vysílají je do neuronů umístěné ve stejné oblasti nervového systému (propojují blízké oblasti nervového systému). iv. projekční (principiální) interneurony, které přijímají nervové vzruchy z neuronů v jedné oblasti nervového systému a posílají je do neuronů v jiné oblasti (propojují vzdálené oblasti nervového systému); b) vlivu na jejich cílové buňky: i. excitační neurony, které stimulují tvorbu nervového vzruchu; ii. inhibiční neurony, které inhibují tvorbu nervového vzruchu.
8.	V různých oblastech neuronu má nervový vzruch různý charakter. Rozeznáváme tři typy pulzů: a) elektrické pulzy, které nemají stálou intenzitu po celou dobu šíření (receptorové potenciály a synaptické potenciály), postupují z dendritů na začátek axonu. b) elektrické pulzy, které mají po celou dobu šíření stálou intenzitu (akční potenciály), postupují od začátku axonu k zakončení axonu. c) chemické pulzy, které nemají stálou intenzitu po celou dobu šíření, přestupují ze zakončení axonů přes synaptickou šterbinu mezi buňkami k dendritům přijímajícího neuronu. Chemické pulzy se šíří mnohem pomaleji než elektrické.
9.	Když neuron přijme chemický pulz, vytváří elektrické pulzy s nestálou intenzitou. Pokud tyto elektrické pulzy překročí určitou prahovou hodnotu elektrického napětí, vytváří neuron akční potenciály, dokud hodnota elektrického napětí opět neklesne pod prahovou hodnotu. Když akční potenciál dosáhne zakončení axonu, typ nervového vzruchu se změní a neuron začne vysílat chemické pulzy.
10.	Nervové vzruchy se přenášejí z jednoho neuronu na druhý v místech zvaných synapse. Jde o spojení specializovaná na přenos vzruchu mezi neurony.
11.	Rozlišujeme dva hlavní funkční typy synapsí: a) excitační synapse, které zahajují tvorbu akčních potenciálů v přijímajícím neuronu nebo zvyšují její pravděpodobnost; b) inhibiční synapse, které zabraňují tvorbě akčních potenciálů v přijímajícím neuronu nebo snižují její pravděpodobnost.
12.	Molekuly využívané při komunikaci mezi neurony v synapsích se nazývají neurotransmitery. Existuje mnoho typů, ale nejčastěji přijímací neuron excitují nebo inhibují. Délka trvání tohoto vlivu se může lišit od milisekund po několik minut.

Číslo konceptu	Znění konceptu
13.	Neuron může přijímat excitační i inhibiční vzruchy, ale v daný moment může obvykle ke všem svým cílovým buňkám poslat pouze jeden z těchto vzruchů (excitační či inhibiční).
14.	Neurony jsou propojeny v sítích, v nichž každý neuron vytváří synapse s konkrétními cílovými buňkami, ale ne se všemi okolními buňkami. Nervový vzruch je z daného neuronu přenesen pouze na vybrané cílové buňky, nemusí se nutně jednat o všechny okolní buňky.
15.	Nervové vzruchy nesou informace o našem těle a vnějším prostředí. Tyto informace následně mohou vytvářet podklad našich vjemů, myšlenek, pocitů a chování.
16.	Co cítíme, vnímáme, jak myslíme, jak se cítíme a chováme je určeno především dvěma vlastnostmi nervového systému: a) specifickou sítí neuronů, kterými putují nervové vzruchy • např. ze smyslových částí nervového systému se přenáší informace o vlastnostech podnětu (určitá vůně, frekvence zvuku, barva atd.) b) dobou mezi po sobě jdoucími akčními potenciály procházejícími sítí • např. ve smyslových částech nervového systému je přenášena informace o intenzitě podnětu Krátká doba (vysoká frekvence) znamená vysokou intenzitu a dlouhá doba (nízká frekvence) znamená nízkou intenzitu.
17.	Informace z různých smyslových orgánů, jako zrakové, sluchové, čichové, chuťové a hmatové podněty jsou přenášeny nervovými vzruchy, které putují neurony do různých částí mozku.
18.	Mozek má odlišné části pro různé funkce zahrnující zpracovávání různých vjemů, chování, řeč atd. Nicméně tyto anatomicky oddělené oblasti mozku jsou funkčně propojené neurony, každá mozková funkce tedy závisí na několika oblastech.
19.	Síť neuronů odpovědných za naše vnímání, emoce a chování neustále interaguje. To znamená, že naše vnímání ovlivňuje, jak se cítíme a chováme, ale také, že naše chování ovlivňuje, co vnímáme a jak se cítíme, a i naše pocity ovlivňují, co vnímáme a jak se chováme.
20.	Abychom vjemy ze smyslových orgánů zaznamenali nikoli jen na nevědomé, ale i na vědomé úrovni, musí být nervový vzruch v dostředivých neuronech dostatečně silný (dostatečný počet a frekvence akčních potenciálů), aby se přenesl do specifických sítí neuronů ve frontální části mozkové kůry. Potřebná síla závisí na stavu, v jakém se nacházíme (jak se cítíme, co děláme) v okamžiku příchodu podnětu, a také na tom, o jaký podnět se jedná.
21.	Ne všechny nervové vzruchy z našich smyslů jsou dostatečně silné, abychom si uvědomili, co cítíme. Nicméně i tyto vzruchy mohou být dostatečně silné k tomu, aby ovlivnily síť neuronů odpovědné za naše pocity, myšlenky a chování. V důsledku toho si nemusíme vždy uvědomit důvod toho, co cítíme, myslíme si a děláme.
22.	Synapse se tvoří a mění v průběhu celého života. Tento proces je ovlivněn individuálními zkušenostmi jedince.
23.	Změna v synapsi obvykle znamená, že vliv neuronu na jeho cílové neurony zesiluje nebo zeslabuje.
24.	Když se učíme, každá vzpomínka se uloží jako změna ve specifických synapsích neuronových sítí, které jsou do učení zapojeny. Některé synapse mohou být zesíleny, jiné oslabeny.
25.	Zařazení vzdělávacích aktivit do běžného života zlepšuje mozkové funkce, čímž se oddalují věkem podmíněná zhoršení mozkových funkcí.
26.	Schopnost mozku měnit se na základě zkušeností se v průběhu života mění a je pro různé oblasti mozku odlišná. Smyslové oblasti jsou zvláště citlivé během raného dětství, zatímco frontální oblasti podílející se na kognitivních funkcích jsou citlivější později a jejich citlivost trvá déle. Některé změny získané zkušenostmi jsou zásadní pro normální vývoj, zatímco jiné mohou mít nepříznivý vliv.

Pozn. Používaný termín pulz vnímáme v kontextu nervové soustavy jako zaměnitelný s termínem impulz, který je v českých textech určených pro střední školy častější.

Zastoupení neurobiologických konceptů v jednotlivých učebních textech shrnuje tab. 3.

Shrnutí počtů konceptů, které byly v učebních textech zastoupeny cele, částečně a vůbec, přináší tab. 4. Nejvíce obsažených konceptů jsme našli v učebnici Biologie člověka (Novotný & Hruška, 2021), naopak Biologie pro zdravotnické školy (Odstrčil & Hruška, 2008) obsahuje jeden z konceptů o nervové soustavě. Učební texty průměrně obsahovaly 12 zcela či částečně zastoupených konceptů, průměrně 14 konceptů nebylo v textech zmíněno.

Při hodnocení obsažení konceptů týkajících se nervové soustavy jsme narazili na několik specifík, která se opakovala ve více učebních textech.

V českých středoškolských učebních textech často chybí zmínka o gangliích jako organizační jednotce periferní nervové soustavy (koncept 1). V žádném z analyzovaných textů není cele obsažen koncept 2. Typicky je obsažena informace o tom, že nervová soustava ovlivňuje ostatní orgánové soustavy, informace o ovlivnění nervové soustavy ostatními orgánovými soustavami však ve všech textech chybí. Obdobná

Tab. 3: Zastoupení konceptů o nervové soustavě v jednotlivých učebních textech

Koncept (kráceno; kategorie; téma)	Jelínek, Zicháček – Biologie pro gymnázia 2021	Kočárek – Biologie člo- věka 1 2010a	Kočárek – Biologie člo- věka 2 2010b	Novotný – Biologie člověka 2021	Odstrčil, Hruža – Biologie pro zdravotnické školy 2008	Křivánková – Somatolo- gie – Učebnice pro střední zdravotnické školy 2019	Rospal – Nový přehled biologie 2003	Hančová, Vlková – Biologie v kostce pro SŠ 2009	Didaktis – Odmaturuj z biolo- gie 2013
1. (A; i))	Částečně – ganglia jsou zmíněna v souvislosti s vegetativními nervy, jež jsou jimi tvořeny.	Ano	Ano	Částečně – chybí zmínka o gangliích v souvislosti s PNS. ¹	Ne ²	Ano	Částečně – chybí zmínka o gangliích v souvislosti s PNS. ³	Částečně – chybí zmínka o gangliích v souvislosti s PNS. ³	Částečně – chybí zmínka o gangliích v souvislosti s PNS. ³
2. (A; i))	Částečně – chybí tvrzení, že CNS ovlivňuje imunitní systém a že CNS je ovlivňována různými orgánovými soustavami.	Částečně – chybí tvrzení, že CNS ovlivňuje imunitní systém a že CNS je ovlivňována různými orgánovými soustavami.	Částečně – chybí tvrzení, že CNS ovlivňuje imunitní systém a že CNS je ovlivňována různými orgánovými soustavami.	Částečně – chybí, že CNS ovlivňuje imunitní systém a že CNS je ovlivňována různými orgánovými soustavami.	Ne	Částečně – uvedeno, že CNS ovlivňuje výkonné orgány (nejsem blíže specifikovány); chybí tvrzení, že CNS je ovlivňována různými orgánovými soustavami.	Částečně – chybí tvrzení, že CNS ovlivňuje imunitní systém a že CNS je ovlivňována různými orgánovými soustavami.	Částečně – uvedeno, že CNS ovlivňuje výkonné orgány (nejsem blíže specifikovány které); chybí tvrzení, že CNS je ovlivňována různými orgánovými soustavami.	Částečně – chybí, že dostředivá nervová vlákna přenáší také informace o těle a odstředivá nervová vlákna vedou vzruch ke žlázám; chybí tvrzení, že CNS je ovlivňována různými orgánovými soustavami.

Koncept (kráceno; kategorie; téma)	Jelínek, Zicháček – Biologie pro gymnázia 2021	Kočárek – Biologie člo- věka 1 2010a	Kočárek – Biologie člo- věka 2 2010b	Novotný – Biologie člo- věka 2021	Odstrčil, Hruža – Biologie pro zdravotnické školy 2008	Křivánková – Somatolo- gie – Učebnice pro střední školy 2019	Rospal – Nový přehled biologie 2003	Hančová, Vlková – Biologie v kostce pro SŠ 2009	Didaktis – Odmaturuj z biolo- gie 2013
3. (A; i))	Částečně – odlišné rozdělení; chybí zmínka o spolupracu- jících systémech na vytvoření jednotné reakce.	Částečně – odlišné rozdělení; chybí zmínka o spolupracu- jících systémech na vytvoření jednotné reakce.	Částečně – odlišné rozdělení; chybí zmínka o spolupracu- jících systémech na vytvoření jednotné reakce.	Částečně – chybí zmínka o spolupracu- jících systémech na vytvoření jednotné reakce.	Ne	Částečně – chybí zmínka o spolupracu- jících systémech na vytvoření jednotné reakce.	Částečně – chybí zmínka o spolupracu- jících systémech na vytvoření jednotné reakce.	Částečně – chybí zmínka o spolupracu- jících systémech na vytvoření jednotné reakce.	Částečně – odlišné rozdělení; chybí zmínka o spolupracu- jících systémech na vytvoření jednotné reakce.
4. (S; i))	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne
5. (A; ii))	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
6. (A; ii))	Ano	Ano	Ano	Ano	Ne	Ano	Ano	Ano	Ano

Koncept (kráceno; kategorie; téma)	Jelínek, Zicháček – Biologie pro gymnázia 2021	Kočárek – Biologie člo- věka 1 2010a	Kočárek – Biologie člo- věka 2 2010b	Novotný – Biologie člověka 2021	Odstřčil, Hrůza – Biologie pro zdravotnické školy 2008	Křivánková – Somatolo- gie – Učebnice pro střední zdravotnické školy 2019	Rospal – Nový přehled biologie 2003	Hančová, Vlková – Biologie v kostce pro SŠ 2009	Didaktis – Odmaturuj z biolo- gie 2013
7. (A; ii))	Ne	Částečně – chybí rozdělení interneuronů a informace, že odstředivé neurony posílají nervové vzruchy do žláz. Bod b) chybí.	Částečně – chybí rozdělení interneuronů a informace, že odstředivé neurony posílají nervové vzruchy do žláz. Bod b) chybí.	Částečně – chybí rozdělení interneuronů. Bod b) chybí.	Ne	Částečně – chybí informace o in- terneuronech. Bod b) chybí.	Částečně – chybí rozdělení interneuronů. Bod b) chybí.	Částečně – nejsou popsány interneurony. Bod b) chybí.	Částečně – chybí rozdělení interneuronů a informace, že odstředivé neurony posílají nervové vzruchy do žláz. Bod b) chybí.
8. (F; iii))	Ano	Částečně – chybí zmínka o intenzitách jednotlivých pulzů a o rychlosti šíření chemických a elektrických pulzů.	Částečně – chybí zmínka o intenzitách jednotlivých pulzů a o rychlosti šíření chemických a elektrických pulzů.	Částečně – chybí zmínka o intenzitách jednotlivých pulzů.	Ne	Ne	Částečně – chybí zmínka o intenzitách jednotlivých pulzů a o rychlosti šíření chemických a elektrických pulzů.	Částečně – chybí zmínka o intenzitách jednotlivých pulzů a o rychlosti šíření chemických a elektrických pulzů.	Částečně – chybí zmínka o intenzitách jednotlivých pulzů a o rychlosti šíření chemických a elektrických pulzů.

Koncept (kráceno; kategorie; téma)	Jelínek, Zicháček – Biologie pro gymnázia 2021	Kočárek – Biologie č.1 věka 1 2010a	Kočárek – Biologie č.1 věka 2 2010b	Novotný – Biologie člověka 2021	Odstrčil, Hruža – Biologie pro zdravotnické školy 2008	Křivánková – Somatologie – Učebnice pro střední školy 2019	Rospal – Nový přehled biologie 2003	Hančová, Vlková – Biologie v kostce pro SŠ 2009	Didaktis – Odmaturuj z biologie 2013
9. (F; iii)	Částečně – nejsou uvedeny intenzity jednotlivých pulzů ani prahová hodnota (je uvedena hodnota klidového membránového potenciálu nervového vlákna); chybí informace o vytváření akčních potenciálů, dokud hodnota elektrického napětí neklesne pod prahovou hodnotu.	Částečně – nejsou uvedeny intenzity jednotlivých pulzů ani prahová hodnota (je uvedena hodnota klidového membránového potenciálu nervového vlákna); chybí informace o vytváření akčních potenciálů, dokud hodnota elektrického napětí neklesne pod prahovou hodnotu.	Částečně – nejsou uvedeny intenzity jednotlivých pulzů ani prahová hodnota (je uvedena hodnota klidového membránového potenciálu nervového vlákna); chybí informace o vytváření akčních potenciálů, dokud hodnota elektrického napětí neklesne pod prahovou hodnotu.	Ano	Ne	Ne	Částečně – nejsou uvedeny intenzity jednotlivých pulzů ani prahová hodnota (je uvedena hodnota klidového membránového potenciálu nervového vlákna); chybí informace o vytváření akčních potenciálů, dokud hodnota elektrického napětí neklesne pod prahovou hodnotu.	Ne	Částečně – nejsou uvedeny intenzity jednotlivých pulzů ani prahová hodnota (je uvedena hodnota klidového membránového potenciálu nervového vlákna); chybí informace o vytváření akčních potenciálů, dokud hodnota elektrického napětí neklesne pod prahovou hodnotu.
10. (A; iii)	Ano	Ano	Ano	Ano	Ne	Ano	Ano	Ano	Ano
11. (F; iv)	Ne	Ano	Ne	Ano	Ne	Ne	Ne	Ano	Ne

Koncept (kráceno; kategorie; téma)	Jelínek, Zicháček – Biologie pro gymnázia 2021	Kočárek – Biologie člo- věka 1 2010a	Kočárek – Biologie člo- věka 2 2010b	Novotný – Biologie člo- věka 2021	Odstřel, Hruža – Biologie pro zdravotnické školy 2008	Křivánková – Somatolo- gie – Učebnice pro střední zdravotnické školy 2019	Rospal – Nový přehled biologie 2003	Hančová, Vlková – Biologie v kostce pro SŠ 2009	Didaktis – Odmaturuj z biolo- gie 2013
12. (F; iv))	Částečně – není zmínka o délce trvání působení neu- rotransmiterů.	Částečně – není uvedeno, že neuro- transmitery jsou excitační či inhibiční.	Částečně – chybí inhibiční účinek neuro- transmiterů. Není zmínka o délce trvání působení neu- rotransmiterů.	Ano	Ne	Částečně – není uvedeno, že neuro- transmitery jsou excitační či inhibiční. Není ani zmínka o délce trvání působení neu- rotransmiterů.	Částečně – zmíněn pouze excitační účinek neuro- transmiterů, nikoliv inhibiční.	Částečně – není uvedeno, že neuro- transmitery jsou excitační či inhibiční. Není ani zmínka o délce trvání působení neu- rotransmiterů.	Částečně – není uvedeno, že neuro- transmitery jsou excitační či inhibiční. Není ani zmínka o délce trvání působení neu- rotransmiterů.
13. (F; iv))	Ne	Ne	Ne	Ano	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne
14. (A; iv))	Ne	Ne	Ne	Částečně – chybí vytváření spojení s konkrétními cílovými buňkami.	Ne	Částečně – zmíněno, že neurony jsou zapojeny za sebou, ale chybí informace, že vytváří spojení s konkrétními cílovými buňkami.	Částečně – chybí informace, že vytváří spojení s konkrétními cílovými buňkami.	Ne	Částečně – zmíněno, že jednotlivé neurony jsou zapojeny za sebou, ale chybí informace, že vytváří spojení s konkrétními cílovými buňkami.
15. (S; v))	Ne	Ne	Ne	Ano	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano
16. (S; v))	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne
17. (A; v))	Ano	Ano	Ne	Ano	Ne	Ano	Ano	Ne	Ne

Koncept (kráceno; kategorie; téma)	Jelínek, Zichaček – Biologie pro gymná- zia 2021	Kočárek – Biologie člo- věka 1 2010a	Kočárek – Biologie člo- věka 2 2010b	Novotný – Biologie člověka 2021	Odstrčil, Hrůza – Biologie pro zdravotnické školy 2008	Křivánková – Somatolo- gie – Učebnice pro střední zdravotnické školy 2019	Rosypal – Nový přehled biologie 2003	Hančová, Vlková – Biologie v kostce pro SŠ 2009	Didaktis – Odmaturuj z biolo- gie 2013
18. (A; v))	Ano	Ano	Ano	Ano	Ne	Částečně – chybí informace, že jednotlivé oblasti mozku jsou funkčně propojené.	Částečně – chybí informace, že jednotlivé oblasti mozku jsou funkčně propojené.	Částečně – chybí informace, že jednotlivé oblasti mozku jsou funkčně propojené.	Částečně – chybí informace, že jednotlivé oblasti mozku jsou funkčně propojené.
19. (S; v))	Ne	Částečně – chybí vzájemné ovlivňování chování, vnímání a toho, jak se cítíme.	Ne	Částečně – chybí vzájemné ovlivňování chování, vnímání a toho, jak se cítíme.	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne
20. (S/F; v))	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Částečně – chybí zmínka o propojení potřebné síly vzruchu, stavu, ve kterém se nacházíme v okamžiku příchodu podnětu a toho, o jaký podnět se jedná.	Ne	Ne

Koncept (kráceno; kategorie; téma)	Jelínek, Zicháček – Biologie pro gymnázia 2021	Kočárek – Biologie člo- věka 1 2010a	Kočárek – Biologie člo- věka 2 2010b	Novotný – Biologie člověka 2021	Odstřel, Hruza – Biologie pro zdravotnické školy 2008	Křivánková – Somatolo- gie – Učebnice pro střední zdravotnické školy 2019	Rosypal – Nový přehled biologie 2003	Hančová, Vlková – Biologie v kostce pro SŠ 2009	Didaktis – Odmaturuj z biolo- gie 2013
21. (S/F; v))	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne
22. (S; vi))	Částečně – místo synapse zmiňují nervová spojení, která se během celého života mění.	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne
23. (F; vi))	Částečně – místo změny v synapsi je použit termín spojení neuronů, které se zesiluje či zeslabuje	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne
24. (F; vi))	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano	Ne	Ne	Ne
25. (S; vi))	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne
26. (S; vi))	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne

Vysvětlivky: kategorie A – anatomie, F – fyziologie, S – souvislosti; téma i) anatomie a funkce (koncepty 1–4), ii) typy buněk a funkční jednotky (koncepty 5–7), iii) nervový vzruch (koncepty 8, 9), iv) propojení neuronů (koncepty 10–14), v) šíření nervových vzruchů sítěmi neuronů (koncepty 15–21) a vi) plasticita nervového systému (koncepty 22–26)

Pozn. 1 Ganglia jsou uvedena v kapitole o bazálních gangliích, která jsou ale součástí CNS.; Pozn. 2 Ve středoškolské učebnici se vyskytují pouze nervové soustavy, které jsou rozděleny podle evolučního hlediska.; Pozn. 3 Ganglia jsou zmíněna v kapitole typy nervových soustav u gangliové nervové soustavy.

Tab. 4: Počty obsažených a chybějících neurokonceptů v jednotlivých učebních textech

Učebnice / obsažení neurokonceptu	Ano	Částečně	Ne
Jelínek a Zicháček (2021)	6	7	13
Kočárek (2010a)	7	7	12
Kočárek (2010b)	5	6	15
Novotný a Hruška (2021)	10	7	9
Rosypal (2003)	4	10	12
Hančová a Vlková (2009)	4	7	15
Benešová et al. (2013)	4	9	13
Odstrčil a Hruža (2008)	1	0	25
Křivánková (2019)	6	6	14

situace je u konceptu 3, v žádném z textů není zmíněna spolupráce somatických a vegetativních nervových systémů, která je nutná pro jednotnou systémovou reakci organismu na různých úrovních (fyziologie, emoce a chování). V souvislosti s koncepty 2 a 3 jsme narazili na dva různé přístupy ke klasifikaci periferního nervového systému a rozdělení neuronů. Buď je periferní nervový systém rozdělen na mozkomíšní (hlavové a míšní nervy zajišťující sensorické, senzitivní a motorické funkce) a autonomní (vegetativní) nervy (Benešová et al., 2013; Kočárek, 2010a), nebo na dostředivé (senzitivní a sensorické nervy) a odstředivé nervy (motorické a autonomní nervy), toto rozdělení je uplatněno ve zbylých textech. Dále v českých učebnicových textech chybí rozdělení interneuronů a obecně neuronů na excitační a inhibiční (koncept 7). Podobně i inhibiční synapse a inhibiční neurotransmitery jsou zmíněny pouze vzácně. Až na jeden z textů není zmiňována délka trvání vlivu neurotransmiterů. Osmý a devátý koncept zdůrazňují u nervových pulzů intenzitu během šíření pulzu a rychlost šíření. Tyto charakteristiky pulzů nejsou v analyzovaných učebních textech (až na jednu výjimku) uváděny. V českém prostředí jsou nervové signály děleny na chemické a elektrické. Dále pak rozlišujeme elektrické pulzy na základě částí neuronu, na nichž probíhají. Elektrické pulzy s nestálou intenzitou po celou dobu šíření jsou v českých učebních textech popisovány jako postsynaptické potenciály; pro elektrické pulzy, které mají po celou dobu šíření stálou intenzitu, je používán termín akční potenciál. Méně často se vyskytují také informace o nutnosti překročení prahové hodnoty elektrického napětí pro vytvoření akčního potenciálu. Ani význam délky doby působení neurotransmiterů není běžně uváděn. Až na jednu výjimku chybí informace důležité pro pochopení principu vzniku akčního potenciálu, tedy skutečnost, že akční potenciály se generují stále, dokud hodnota elektrického napětí neklesne pod prahovou hodnotu (koncept 9). Naopak často učební texty uvádí (pro středoškolskou úroveň zbytečně detailní) konkrétní hodnoty mV napětí naměřeného na membráně neuronů a fyzikálně-chemický princip šíření akčního potenciálu.

5 Diskuze

Analýza zastoupení konceptů o nervové soustavě ve středoškolských učebnicích ukázala, že české učebnice neobsahují aktuální témata neurobiologie relevantní pro každodenní návyky každého z nás. Žádný z konceptů věnovaných problematice učení v kontextu nervové soustavy a vývoje nervové soustavy v průběhu života nebyl, s výjimkou jednoho konceptu v jedné učebnici, zmíněn, a to ani částečně. Lze předpokládat, že plasticita nervového systému ve výuce na středních školách často chybí, protože učitelé mohou mít tendenci plánovat obsah výuky na základě obsahu učebnic (Medina & Quiroz, 2023). Je to výsledek, který šlo očekávat, vzhledem k tomu, že se jedná o relativně nová témata, tzv. dynamické místo kurikula, jak ho zmiňují Vágnerová et al. (2018). Jak ukázaly např. Dvořáková a Absolonová (2016, 2017), informace spojené s aktuálními tématy bývají v učebnicích biologie či dějepisu zastaralé. Není tedy překvapivé, že nejčastěji zastoupené koncepty jsou věnovány anatomii, jeden fyziologii, a naopak, koncepty s důrazem na širší souvislosti v učebních textech chybí. Přitom právě tyto koncepty s přesahem do dalších oborů a s důsledky pro naše každodenní činnosti, jako např. učení, lze chápat jako ukázkou klíčového místa kurikula, tedy takového, na které je navazováno a jehož pochopení je důležité pro pochopení daného oboru (Vágnerová et al., 2018). Při bližším pohledu na analyzované texty bylo zřejmé, že učební texty jsou si obsahově podobné, často v nich chybí stejné koncepty či jejich části, nebo jsou naopak zmiňovány stejné detailní informace dnes považované za přežitě (pro středoškolskou úroveň), i když pravdivé (např. průběh akčního potenciálu včetně toků konkrétních iontů, hodnoty napětí na membráně).

Jak shrnují Kvello a Gericke (2021), nervová soustava je v zahraničních učebnicích biologie pro střední školy obvykle dělena na CNS (dále dělenou na mozek s jeho částmi a míchu) a PNS, která svými somatickými a autonomními nervy spojuje CNS a zbytek těla. Dělení na CNS a PNS najdeme i v českých učebnicích, PNS obdobně dělí pouze dva z analyzovaných textů (Kočárek, 2010a; Benešová et al., 2013).

Učební texty se nezmiňují o ovlivnění nervové soustavy ostatními orgánovými soustavami (koncept 2), konstatují pouze opačný směr vlivu. To značně zkresluje současné chápání fungování organismu, jak zdůrazňují Kvello a Gericke (2021) a OECD (2007). Znalost obousměrného vzájemného ovlivňování je nezbytná pro pochopení interakcí těla a mysli, které ovlivňují i náš každodenní život. Stejná je situace u autonomie nervové soustavy (koncept 4), která je zásadní pro pochopení svobodné vůle, vědomí a sebe-pojetí (Bergmann et al., 2017). Bez tohoto vědomí nelze vystavět porozumění tomu, že naše myšlenky, pocity a následně i chování nemusí nutně být reakcí na smyslové podněty (Kvello & Gericke, 2021).

Obousměrné ovlivňování nervové soustavy a dalších soustav spolu s vazbou nervové činnosti na pocity, sebeuvědomění a zmínku o inhibičních neuronech (viz dále) typicky zmiňovali učitelé, se kterými komunikujeme kvůli překladu konceptů a testování znalostí středoškolských žáků o nervové soustavě, jako příliš komplikovaná témata, kterým se ve výuce nevěnují. Nicméně se jedná o názor jednotek učitelů gymnázií a středních zdravotnických škol vybraných dostupným výběrem. Nemůžeme ho tedy považovat za reprezentativní, i když si osobně myslíme, že je typický. Učitelé 2. stupně základních škol podle šetření Rokose et al. (2021) jmenovali nervovou soustavu jako jedno z kritických míst kurikula, tedy takových, která jsou mj. abstraktní a vyžadují znalost specifických pojmů (Vágnerová et al., 2018).

Pro správné pochopení šíření nervových vzruchů a vztahů mezi třemi typy nervových pulzů je důležité, že akční potenciál vzniká pouze po překročení prahové hodnoty elektrického napětí, a to opakovaně, dokud elektrické napětí neklesne pod prahovou hodnotu. Obdobně neurotransmitery mohou mít velmi rozdílnou délku doby trvání působení. Tyto informace české učební texty nezmiňují, naopak často uvádí konkrétní hodnoty mV naměřené na membráně neuronů a princip šíření akčního potenciálu a transportu iontů, které ale nejsou důležité pro pochopení principu. Informace o konkrétních hodnotách elektrického napětí na buněčné membráně neuronů, která je typicky v českých středoškolských učebnicích uvedena, je autory Kvello a Gericke (2021) uváděna jako příklad nevhodně zvoleného učiva. Argumentují tím, že daná informace je příliš podrobná a nijak nepřispívá k pochopení neurobiologických konceptů. Nejspíš odráží tradiční (a dnes v zahraničních zdrojích často překonané) pojetí učiva o nervové soustavě založené na popisu anatomie a fyziologie, resp. v dané době dostupných měřeních (Kvello & Gericke, 2021). Nicméně v případě nervového systému je zásadní pochopení fungování neuronových sítí na systémové úrovni (Kandel, 2006). Obdobně historická situace zůstala v českých učebnicích zachována v případě reflexu, kterému je typicky věnován relativně velký prostor a je popisován poměrně podrobně. Nicméně tento popis neobsahuje informaci o existenci inhibičních neuronů, které jsou pro reflex nezbytné. Například u českého reflexu je nutné nejen zajistit stah čtyřhlavého svalu stehenního, ale zároveň inhibovat stah dvojhlavého svalu stehenního (a lýtkových a hýžďových svalů). Také velká míra prostoru věnovaná reflexům může, vzhledem k tomu, jak málo (či vágně) jsou probírány jiné funkce nervové soustavy, vést k představě, že se jedná o typický či nejdůležitější příklad fungování nervové soustavy. V tomto se české učební texty shodují se zahraničními, jak shrnují Kvello a Gericke (2021). Dnes víme, že tomu tak není a míra zastoupení je dána spíše tím, že reflexy byly zkoumány nejdříve a ve své době nejdětalněji. Nicméně dnes jsme v poznání o nervovém systému a jeho fungování dále a domníváme se, že to by mělo být reflektováno i ve výběru učiva. České učební texty obecně inhibiční neurony nezmiňují, i když v některých lze najít zmínku o inhibičních neurotransmiterech či synapsích. Kvello a Gericke (2021) považují inhibiční neurony za základní obsah, protože jejich role je zásadní nejen pro reflexy, ale také pro komplexní projevy, jako je vidění (Lee et al., 2012), či onemocnění jako epilepsie (Trevelyan et al., 2015) a autismus (Selimbeyoglu et al., 2017).

6 Závěr

Přeložili jsme konceptuální rámec pro středoškolskou úroveň učiva o nervové soustavě autorů Kvello a Gericke (2021), který tímto představujeme české odborné veřejnosti, zejména učitelům, didaktikům či tvůrcům učebnic a kurikulárních textů. Věříme, že tento konceptuální rámec poskytuje užitečný nástroj pro plánování, realizaci výuky, a také pro hodnocení výsledků učení. Obsahová analýza středoškolských učebnic a učebnic textů s ohledem na zastoupení 26 neurobiologických konceptů ukázala, že zejména koncepty zaměřené na širší souvislosti a pozdější objevy týkající se nervové soustavy relevantní pro naše vnímání a učení v českých textech chybí. Texty typicky obsahují koncepty popisující anatomii, případně v menší míře fyziologii nervové soustavy. Poukazujeme na některé nekonzistence v terminologii, zejména v oblasti odstředivých nervů a elektrických a chemických pulzů, a na potřebu konzistentní a přesné prezentace těchto témat.

Poděkování

Tato práce byla podpořena projektem GAUK č. 210623 „Jak jsme na tom s neurogramotností? Tvorba a validace didaktického testu zaměřeného na nervovou soustavu“.

Literatura

- Anfara, V. A. Jr., & Mertz, N. T. (2014). *Theoretical frameworks in qualitative research* (2nd ed.). SAGE Publications.
- Arthur, W. (2002). The emerging conceptual framework of evolutionary developmental biology. *Nature*, 415(6873), 757–764. <https://doi.org/10.1038/415757a>
- Benešová, M., Hamplová, H., Knotová, K., Lefnerová, P., Pfeiferová, E., Sáčková, I., & Satrapová, H. (2013). *Odmaturuj! Z biologie*. Didaktis.
- Berger-Tal, O., Polak, T., Oron, A., Lubin, Y., Kotler, B. P., & Saltz, D. (2011). Integrating animal behavior and conservation biology: A conceptual framework. *Behavioral Ecology*, 22(2), 236–239. <https://doi.org/10.1093/beheco/arq224>
- Bergmann, A., Biehl, A., & Zabel, J. (2017). Toward neuroscience literacy? — Theoretical and practical considerations. In J. Leefmann & E. Hildt (Eds.), *The human sciences after the decade of the brain*, (pp. 231–248). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804205-2.00014-8>
- Červeňová, D., & Demkanin, P. (2023). Možnosti využitia poznania neurovied v teórii fyzikálneho vzdelávania. *Scientia in educatione*, 14(2), 20–31. <https://doi.org/10.14712/18047106.3108>
- Dekker, S., Lee, N., Howard-Jones, P., & Jolles, J. (2012). Neuromyths in education: Prevalence and predictors of misconceptions among teachers. *Frontiers in Psychology*, 3(429), 1–8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00429>
- Deligiannidi, K., & Howard-Jones, P. A. (2015). The neuroscience literacy of teachers in Greece. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 174, 3909–3915. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.1133>
- Department of Education. (2014). *Science programmes of study: Key stage 4 National curriculum in England*. https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a7efc65ed915d74e33f3ac9/Science_KS4_PoS_7_November_2014.pdf
- Dvořáková, R. M., & Absolonová, K. (2016). Obsahová analýza tématu evoluce člověka v českých učebnicích dějepisu. *Scientia in educatione*, 7(2), 34–47. <https://doi.org/10.14712/18047106.358>
- Dvořáková, R. M., & Absolonová, K. (2017). Obsahová analýza tématu evoluce člověka v českých učebnicích přírodopisu a biologie. *Scientia in educatione*, 8(2), 2–20. <https://doi.org/10.14712/18047106.765>
- Ferrero, M., Garaizar, P., & Vadillo, M. A. (2016). Neuromyths in education: Prevalence among spanish teachers and an exploration of cross-cultural variation. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10(496), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00496>
- Gleichgerricht, E., Lira Luttgés, B., Salvarezza, F., & Campos, A. L. (2015). Educational neuromyths among teachers in Latin America. *Mind, Brain, and Education*, 9(3), 170–178. <https://doi.org/10.1111/mbe.12086>
- Goswami, U. (2006). Neuroscience and education: From research to practice? *Nature Reviews Neuroscience*, 7(5), 406–413. <https://doi.org/10.1038/nrn1907>
- Goswami, V. (2006). *Brain Game Pro*. <https://appadvice.com/app/brain-game-pro/1613340284>
- Grospietsch, F., & Mayer, J. (2018). Professionalizing pre-service biology teachers' misconceptions about learning and the brain through conceptual change. *Education Sciences*, 8(3), 120. <https://doi.org/10.3390/educsci8030120>
- Grospietsch, F., & Mayer, J. (2019). Pre-service science teachers' neuroscience literacy: Neuromyths and a professional understanding of learning and memory. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13(20). <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00020>
- Hančová, H., & Vlková, M. (2009). *Biologie v kostce: Pro střední školy*. Fragment.
- Harkness, J., Pennell, B. E., & Schoua-Glusberg, A. (2004). Survey questionnaire translation and assessment. In S. Presser, M. P. Couper, J. T. Lessler, E. Martin, J. Martin, J. M. Rothgeb, & E. Singer (Eds.), *Methods for Testing and Evaluating Survey Questionnaires* (pp. 453–473). WILEY. <https://doi.org/10.1002/0471654728.ch22>
- Harlen, W., Bell, D., Devés, R., Dyasi, H., Fernández de la Garza, G., Léna, P., Millar, R., Reiss, M., Rowell, P., & Yu, W. (2010). *Principles and big ideas of science education*. Association for Science Education College Lane, Hatfield, Herts. <https://www.ase.org.uk/bigideas>
- Herculano-Houzel, S. (2002). Do you know your brain? A survey on public neuroscience literacy at the closing of the decade of the brain. *The Neuroscientist*, 8(2), 98–110. <https://doi.org/10.1177/107385840200800206>
- Howard-Jones, P. A. (2014). Neuroscience and education: Myths and messages. *Nature Reviews Neuroscience*, 15(12), 817–824. <https://doi.org/10.1038/nrn3817>
- Hyatt, K. J. (2007). Brain Gym Building stronger brains or wishful thinking? *Remedial and Special Education*, 28(2), 117–124. <https://doi.org/10.1177/07419325070280020201>

- Chudler, E. H., & Bergsman, K. C. (2014). Explain the brain: Websites to help scientists teach neuroscience to the general public. *CBE — Life Sciences Education*, 13(4), 577–583. <https://doi.org/10.1187/cbe.14-08-0136>
- Jelínek, J., & Zicháček, V. (2021). *Biologie pro gymnázia* (12. vyd.). Nakladatelství Olomouc, s. r. o.
- Kandel, E. R. (2006). The new science of mind. *Scientific American Mind*, 17(2), 62–69. <https://www.scientificamerican.com/article/essay-the-new-science-of/>
- Karakus, O., Howard-Jones, P. A., & Jay, T. (2015). Primary and secondary school teachers' knowledge and misconceptions about the brain in Turkey. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 174, 1933–1940. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.858>
- Kirschner, P. A. (2017). Stop propagating the learning styles myth. *Computers & Education*, 106, 166–171. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.12.006>
- Kočárek, E. (2010a). *Biologie člověka 1 – somatologie, antropologie, fyziologie, imunologie*. Scientia.
- Kočárek, E. (2010b). *Biologie člověka 2 – souhrn učiva, ochrana zdraví, klíčové pojmy, testové otázky*. Scientia.
- Křivánková, M. (2019). *Somatologie: Učebnice pro střední zdravotnické školy* (2. vyd.). Grada Publishing, a. s.
- Kvello, P., & Gericke, N. (2021). Identifying knowledge important to teach about the nervous system in the context of secondary biology and science education – A Delphi study. *PLOS ONE*, 16(12), e0260752. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260752>
- Lee, S.-H., Kwan, A. C., Zhang, S., Phoumthippavong, V., Flannery, J. G., Masmanidis, S. C., Taniguchi, H., Huang, Z. J., Zhang, F., Boyden, E. S., Deisseroth, K., & Dan, Y. (2012). Activation of specific interneurons improves V1 feature selectivity and visual perception. *Nature*, 488(7411), 379–383. <https://doi.org/10.1038/nature11312>
- Leshem, S., & Trafford, V. (2007). Overlooking the conceptual framework. *Innovations in Education and Teaching International*, 44(1), 93–105. <https://doi.org/10.1080/14703290601081407>
- Luft, J. A., Jeong, S., Idsardi, R., & Gardner, G. (2022). Literature reviews, theoretical frameworks, and conceptual frameworks: An introduction for new biology education researchers. *CBE — Life Sciences Education*, 21(3), rm33. <https://doi.org/10.1187/cbe.21-05-0134>
- Macdonald, K., Germine, L., Anderson, A., Christodoulou, J., & McGrath, L. M. (2017). Dispelling the myth: Training in education or neuroscience decreases but does not eliminate beliefs in neuromyths. *Frontiers in Psychology*, 8(1314). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01314>
- Machová, M. (2020). Genetika v učebnicích biologie a přírodopisu: Historie a současnost. *Scientia in educatione*, 11(2), 14–39. <https://doi.org/10.14712/18047106.1729>
- Machová, M. (2021). Phylogenetic trees and other evolutionary diagrams in biology textbooks and their importance in secondary science education. *Scientia in educatione*, 12(1), 16–36. <https://doi.org/10.14712/18047106.1923>
- McFarland, J. L., Price, R. M., Wenderoth, M. P., Martinková, P., Cliff, W., Michael, J., Modell, H., & Wright, A. (2017). Development and validation of the homeostasis concept inventory. *CBE — Life Sciences Education*, 16(2), ar35. <https://doi.org/10.1187/cbe.16-10-0305>
- Medina, P., & Quiroz, W. (2023). Ontological assumptions on the introduction of the concepts of cells and the functioning of living beings in school textbooks. *Journal of Biological Education*, 1–16. <https://doi.org/10.1080/00219266.2023.2288337>
- Michael, J., Martinkova, P., McFarland, J., Wright, A., Cliff, W., Modell, H., & Wenderoth, M. P. (2017). Validating a conceptual framework for the core concept of “cell-cell communication”. *Advances in Physiology Education*, 41(2), 260–265. <https://doi.org/10.1152/advan.00100.2016>
- Michael, J., & Modell, H. (2019). A conceptual framework for the core concept of “cell membrane”. *Advances in Physiology Education*, 43(3), 373–377. <https://doi.org/10.1152/advan.00051.2019>
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1984). *Qualitative data analysis: A sourcebook of new methods*. SAGE Publications.
- MŠMT (2022). *RVP G – Rámcové vzdělávací programy pro gymnázia*. <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcove-vzdelavaci-programy-pro-gymnazia-rvp-g/>
- Mullis, I. V., Martin, M. O., Foy, P., & Arora, A. (2012). *TIMSS 2011 international results in mathematics*. IEA.
- Newton, P. M. (2015). The learning styles myth is thriving in higher education. *Frontiers in Psychology*, 6, 1908. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01908>
- NGSS (2013). *Next generation science standards: For states, By states. DCI arrangements of the next generation science standards*. <https://www.nextgenscience.org/>

- Novotný, I., & Hruška, M. (2021). *Biologie člověka: Pro gymnázia* (6. vyd.). Fortuna.
- Odstrčil, J., & Hruža, A. (2008). *Biologie pro zdravotnické školy* (5. vyd.). Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů.
- OECD (2002). *Understanding the brain: Towards a new learning science*. OECD Publishing.
<https://doi.org/10.1787/9789264174986-en>
- OECD (2007). *Understanding the brain: The birth of a learning science*. The Organisation for Economic Co-operation and Development.
<https://www.oecd.org/education/ceri/understandingthebrainthebirthofalearningscience.htm>
- Parthasarathy, J., & Premalatha, T. (2022). Content analysis of visual representations in biology textbooks across selected educational boards from Asia. *Cogent Education*, 9(1), 2057002.
<https://doi.org/10.1080/2331186X.2022.2057002>
- Pei, X., Howard-Jones, P. A., Zhang, S., Liu, X., & Jin, Y. (2015). Teachers' understanding about the brain in east China. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 174, 3681–3688.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.1091>
- Rocco, T. S., & Plakhotnik, M. S. (2009). Literature reviews, conceptual frameworks, and theoretical frameworks: Terms, functions, and distinctions. *Human Resource Development Review*, 8(1), 120–130.
<https://doi.org/10.1177/1534484309332617>
- Rokos, L., Pokorná, V., & Petr, J. (2021). Kritická místa v obsahových okruzích zaměřených na učení o přírodě. In A. Nohavová & I. Stuchlíková (Eds.), *Kritická místa kurikula ve vybraných vzdělávacích oborech* (s. 17–33). Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Pedagogická fakulta. https://old.pf.jcu.cz/research/edicni_cinnost/download/Kriticka_mista_kurikula_ve_vybraných_vzdelavacích_oborech.pdf
- Redifer, J. L., & Jackola, K. (2022). Where do neuromyths come from? Sources and strength of psychological misconceptions. *Scholarship of Teaching and Learning in Psychology*. Advanced online publication.
<https://doi.org/10.1037/stl0000332>
- Rosypal, S. (2003). *Nový přehled biologie*. Scientia.
- Rusek, M. (2021). Special issue: Research on textbooks in science and mathematics education. *Scientia in educatione*, 12(1), 2–4. <https://doi.org/10.14712/18047106.2024>
- Selimbeyoglu, A., Kim, C. K., Inoue, M., Lee, S. Y., Hong, A. S. O., Kauvar, I., Ramakrishnan, C., Fenno, L. E., Davidson, T. J., Wright, M., & Deisseroth, K. (2017). Modulation of prefrontal cortex excitation/inhibition balance rescues social behavior in *CNTNAP2*-deficient mice. *Science Translational Medicine*, 9(401), eaah6733.
<https://doi.org/10.1126/scitranslmed.aah6733>
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Skolverket. (2019). *Läroplan för grundskolan, förskoleklassen och fritidshemmet*. Sweden.
- Trevelyan, A. J., Muldoon, S. F., Merricks, E. M., Racca, C., & Staley, K. J. (2015). The role of inhibition in epileptic networks. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 32(3), 227–234.
<https://doi.org/10.1097/WNP.000000000000160>
- Utdanningsdirektoratet. (2021). *Læreplan i naturfag*. Norway.
<https://www.udir.no/lk20/nat01-04/kompetansemaal-og-vurdering/kv78>.
- Vágnerová, P., Benediktova, L., & Kout, J. (2018). Kritická místa ve výuce přírodopisu na základní škole. *Arnica*, 8(1), 56–62.
https://www.arnica.zcu.cz/images/casopis/2018/Arnika_2018_1-7_Vagnerova-Benediktova-Kout-web.pdf
- Veselý, A. (2018). Konceptuální rámec pro analýzu vztahu vzdělávací politiky a vzdělávacích výsledků. *Orbis scholae*, 5(1), 23–52. <https://doi.org/10.14712/23363177.2018.73>
- WHO. (2013). *Mental health action plan 2013–2020*. World Health Organization.
<https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789241506021>