



NEURODIDACTICS AND MATHEMATICS EDUCATION

NEURODIDAKTIKA A VYUČOVANIE MATEMATIKY

ONDREJ ŠEDIVÝ – VILIAM ĎURIŠ

ABSTRACT. *In the introductory section the need for enhancing the efficiency of mathematics education and the role of theory of mathematics education is stressed. Further the neuropedagogy and neurodidactics, which aim to implement the findings from neurology into pedagogical practice, are characterised. Focus is on neurodidactical view to stress as a factor influencing process of learning mathematics. Based on brain-based learning the theoretical considerations for more effective mathematics education are formulated.*

KEY WORDS: *brain, neuropedagogy, neurodidactics, emotion, memory, motivation, stress, effective mathematics education.*

ABSTRAKT. *V úvode príspevku sa zdôrazňuje potreba zvýšenia účinnosti vzdelávania v matematike a úloha teórie vyučovania matematiky. V ďalšom je charakterizovaná neuropedagogika a neurodidaktika, ktorých cieľom je preniesť neurologické objavy do pedagogickej praxe. Zvlášť je rozvedený neurodidaktický pohľad na stres ako faktor ovplyvňujúci proces učenia matematiky. Na základe poznatkov z teórie mozgovokompatibilného vyučovania sú uvedené isté východiská pre účinnejšie vyučovanie matematiky.*

KLÚČOVÉ SLOVÁ: *mozog, neuropedagogika, neurodidaktika, emócia, pamäť, motivácia, stres, účinné vyučovanie matematiky.*

CLASSIFICATION: C 30

Vyučovanie matematiky a jeho výsledky vyvolávajú záujem širokej verejnosti o túto problematiku. Odborné kruhy reagujú na tento záujem verejnosti a hľadajú cesty na zvýšenie účinnosti vzdelávania v matematike. Rozvojom prechádza Teória vyučovania matematiky ako vedná disciplína. Organizujú sa konferencie, sympózia, medzinárodné výskumné projekty. Predmetom skúmania teórie vyučovania matematiky je konkrétna oblasť ľudskej činnosti, ktorej obsahom, predmetom a cieľom je matematika v jej rozličných úrovniach a v rozličných formách. Teória vyučovania matematiky študuje vzťahy medzi matematikou a človekom.

V roku 2003 Döffer (Döffer, W., 2003)¹ charakterizoval teóriu vyučovania matematiky ako vedu:

- o rôznych spôsoboch ako sa učí a „robí“ matematika,
- o tom, ako učenie a činnosť v oblasti vyučovania matematiky ovplyvňujú a sú ovplyvňované rôznymi vplyvmi (používaním pomôcok, kalkulátorov, počítačov),
- o rôznej reprezentácii matematických pojmov,
- o rôznych možnostiach organizovania matematickej činnosti.

Najvýznamnejšou udalosťou, ktorá ovplyvnila výskum v teórii vyučovania a tiež samotné vyučovanie matematiky, bol Svetový kongres o vyučovaní matematiky ICME-10 v júli 2004 v Kodani.

¹ In: Čeretková, S. – Šedivý, O.: Aktuálne problémy teórie vyučovania matematiky. Edícia Prírodovedec č. 200, Nitra 2005

Vychádzajúc zo správy, ktorú vydala americká Národná komisia (1970) pre požiadavky v matematike, sa treba sústrediť najmä na tieto vnútorné ciele vyučovania matematiky:

- Zamerať sa na potreby a záujmy jednotlivcov s cieľom pripraviť každého z nich na aktívny súkromný a spoločenský život.
- Rozvinúť osobnosť každého žiaka a posilňovať jeho sebavedomie.
- Podporovať aktivitu žiakov počas vyučovania, odbúravať pasívne nadobúdanie vedomostí.
- Zdôrazňovať matematické myšlienkové postupy v procese riešenia úloh (napr. matematické skúmanie, formulovanie problémov, reprezentáciu, modelovanie) a nezameriavať sa iba na výsledky (obsah, výsledok použitej metódy, uplatnenie zručností).
- Podporovať matematické myslenie a tvorivosť.
- Dať žiakom možnosť identifikovať problém, zaujať k nemu stanovisko, formulovať ho vlastnými slovami a vlastným spôsobom riešiť.
- Pomôcť žiakom pochopiť matematiku a oceniť jej krásu.
- Dovoľiť žiakom aplikovať rôzne spôsoby modelovania riešenia.
- Dovoľiť žiakom kriticky analyzovať a posudzovať použitie matematiky.
- Vysvetliť žiakom úlohu matematiky v spoločenskom a kultúrnom živote spoločnosti.
- Naučiť žiakov pracovať so súčasnými informačnými technológiami a dostupnou technikou.

Aj keď tieto ciele boli sformulované pred štyridsiatimi rokmi, stále sú aktuálne a škola musí sa snažiť ich plniť.

V snahe zameranej na zefektívnenie vzdelávacieho procesu rozpracúvajú sa také metódy a formy vzdelávania aj v matematike, ktoré majú zabezpečiť kvalitu vzdelávania, ktorá bude zodpovedať súčasnému vedeckému poznaniu.

V mnohých krajinách Európy sa čoraz častejšie hovorí o neuropedagogike a neurodidaktike ako o nových možnostiach vo zvyšovaní účinnosti vo vyučovaní.

Preto aj vo vyučovaní matematiky sa začneme zamýšľať nad využitím týchto myšlienok pri hľadaní optimálnejších výsledkov vo vzdelávaní v matematike.

Najskôr však si pripomeňme, čo je neuropedagogika a neurodidaktika. Existuje viacero pohľadov na definovanie týchto pojmov.

J. P. Sawiński hovorí: „*Neuropedagogika sa zameriava na štruktúru a funkcie mozgu, na zmyslové preferencie, na rozdiely vo fungovaní mozgových hemisfér v kombinácii oka, ucha, skúma vplyv stresu na pamäť, zaoberá sa efektívnosťou učenia. Jej cieľom je preniesť neurologické objavy do pedagogickej práce.*“ (Sawiński, J. P., 2005).

Online slovník Wörterbuch ponúka pre neurodidaktiku nasledovnú definíciu: „*Neurodidaktika je spoločný termín pre rôzne na prax orientované prístupy, sleduje rozvíjanie vzdelávacích a pedagogických plánov so zreteľom na dôležité poznatky neurológie, najmä na novšie výskumy mozgu.*“ (Wörterbuch, 2009).

Mozgovokompatibilné učenie² je učenie založené na tom, ako sú transformované poznatky týkajúce sa štruktúry a funkcií mozgu do výchovnovzdelávacieho procesu. Zaoberá sa napríklad tým, ako pracuje náš mozog vo vzdelávacom procese, aké princípy a stratégie zámerne vyberú učitelia na dosiahnutie výchovnovzdelávacieho cieľa.

² E. Petlák a kol.: Neuropedagogika a vyučovanie. UKF 2010, s. 6

Neurovedci a psychológovia sa sústreďujú na mozgové hemisféry. Súčasné vyučovanie sa sústreďuje na *ľavú hemisféru*, ktorá riadi reč, logické myslenie, matematické operácie, ..., kým *pravá hemisféra* riadi emócie, predstavy, tvorivosť, divergentné myslenie, ... a vo vyučovaní je zanedbávaná.

Treba zdôrazniť, že základom mozgu je neurón. Neuróny sú pospájané nervovými vláknami, ktoré prenášajú signály. Čím viac je spojení, tým je mozog pružnejší a ľahšie sa učí, teda čím máme bohatšiu neurálnu sieť, tým ľahšie cez ňu prechádzajú vzruchy a informácie.

I. Turek robí záver: „*Učenie možno definovať ako tvorbu synapsí, t.j. spájania neurónov, a tým tvorbu neurálnych sietí, alebo zmenu spôsobu spojenia neurónov.*“ (Turek, I., 2008, s. 435).

K vytváraniu neurálnych sietí neprispieva transmitívne vyučovanie, pasívne počúvanie, mechanické učenie, memorovanie, ale aktívna činnosť učiaceho subjektu. K tomu môže poslúžiť problémové a skupinové vyučovanie, tvorivé metódy, atď.

Neurodidaktika sa na pamäť nepozera ako na „skladište vedomostí“, ale predovšetkým ako na „rekonštrukciu informačných blokov“, ktoré sú uložené na rôznych miestach v mozgu a prepojené neurálnou sieťou. Treba si uvedomiť, že mozog zabúda to, čo nepovažuje za potrebné, čo sa neaktualizuje. Z toho vyplýva, že k poznatkom sa treba systematicky vracáť, pracovať s nimi, aktualizovať ich.

Neurodidaktika veľmi zdôrazňuje potrebu emocionálnosti vo vyučovaní, pri radosi sa vylučujú hormóny, ktoré uľahčujú učenie a blahodárne vplývajú na dlhodobú pamäť, čo zvyšuje účinnosť vzdelávania. Treba pripomenúť aj to, že keď žiak prežíva stres, vylučované hormóny blokujú procesy v mozgu, znižuje sa efektívnosť vyučovania. Ako je to so strachom žiaka? Primeraný strach môže na žiakov pôsobiť kladne, môže ich viesť k zvýšenému výkonu pri učení sa. Problém strachu môže pôsobiť aj negatívne. Ak je žiak pod dlhodobejším tlakom strachu, dochádza k neželanému stresu, čo má za následok zníženie výkonu. Pocit šťastia, radosi žiaka kladne pôsobí na ďalšie učenie, povzbudzuje do ďalšieho učenia a prispieva ku koncentrácii pozornosti.

Vzhľadom na to, že pri vyučovaní matematiky časť žiakov je pod tlakom strachu a z toho vyplývajúceho stresu, budeme väčšiu pozornosť venovať určitým situáciám.

Ako sme už vyššie uviedli, existuje „*dobrý stres*“ a „negatívna“ forma stresu. Dobrý stres (eustres) je stres, ktorý nie je akútny a chronický. Vzniká vtedy, keď sa cítime mierne ohrození a veríme, že situáciu zvládneme. Tento stres zvyšuje naše vnímanie, zväčšuje našu motiváciu a zlepšuje učenie. Dobrý stres vzniká pri učení sa matematiky za nasledujúcich podmienok:

- aktívne chcieť vyriešiť daný problém (danú úlohu),
- mať schopnosť vyriešiť problém,
- uvedomiť si zmysel kontroly nad riešením,
- možnosť myslieť na prípadné možné riešenia problému.

„Negatívna“ forma stresu (distres) vzniká vtedy, keď sa cítime ohrození nejakým (fyzickým alebo emocionálnym) nebezpečenstvom, zastrášaním, ťažkosťami, stratou prestíže, strachom alebo odmietnutím, keď sme v časovej tiesni, atď. Pri učení sa matematiky distres vzniká, keď:

- máme riešiť problém, ktorý nechceme riešiť,
- nevnímame riešenia problémov,
- máme pocit riskovania, ktorý je zapríčinený komplikáciami,
- je stres opakovaný alebo dlhotrvajúci.

Ohrozenia sú definované ako akékoľvek podnety, ktoré v mozgu spôsobia spustenie pocitu strachu, pochybností, obáv alebo celkovej bezmocnosti.

Pri každom type vnímaného ohrozenia mozog robí nasledovné:

- stráca svoju schopnosť správne interpretovať podnety z okolitého prostredia,
- vracia sa k intuitívnym reflexným vzorom správania
- stráca niektorú zo svojich schopností zaradiť, uložiť a dostať sa k informáciám,
- stráca niektorú zo svojich schopností vnímať vzťahy a vzory,
- je menej schopný použiť zručnosti myslenia vyššieho rádu,
- stráca schopnosť uloženia do dlhodobej pamäti.

Mnohí neurovedci vnímajú motiváciu ako prvoradú pri vzdelávaní, od dobrej motivácie závisia výsledky učebnej činnosti žiakov a úspech jedinca vôbec. Motivácia pomáha vytvárať sebadôveru jedinca a napomáha pri seba hodnotení. Spitzer upozorňuje aj na chyby, ktorých sa dopúšťame, napr. časté chválenie najlepších žiakov, zdôrazňuje, že pochvaly sú pre každého. Zdôrazňuje, že motivujúce je aj to, ako učiteľ vyučuje, aký má záujem o svoj predmet a jeho vyučovanie. Upozorňuje, že pre motiváciu nie je rozhodujúce napr. premietanie fólií, rôzne xerokópie alebo premietanie prezentácií Power Pointu, ale rozhodujúce je predmetom zaujatý učiteľ, predmet musí byť centrom pozornosti a nie nejaké kritiky vnášané do učenia (Spitzer, M., 2007, s. 145).

Jednou z ďalších charakteristík mozgovokompatibilného vyučovania je, aby žiaci mali vyučovanie dopĺňované o modelové situácie z každodenného života. Vnášanie takýchto situácií do vyučovacej praxe si vyžaduje využívať nielen racionálne postupy, ale aj emotívne pôsobenie hravých aktivít, tvorivej dramatiky, či výtvarného prejavu. Toto pôsobenie je oveľa účinnejšie ako bežne zaužívané postupy pri vyučovaní matematiky a takto získané vedomosti sú trvácnejšie. Učiteľ vo svojej práci by mal vytvárať situácie, v ktorých:

- majú žiaci možnosť to, čo sa naučili, priamo a intenzívne prežiť a precítiť,
- aktivizujú prirodzené potreby žiakov a súčasne sú aj uspokojované,
- sa prirodzenou cestou realizujú medzipredmetové vzťahy,
- žiaci pochopia, že sa učia nie pre známky, ale pre život.

Na základe poznatkov z teórie mozgovokompatibilného vyučovania (podľa R. N. Caine a G. Caine, 2008, in Turek, I. s. 446-450) vo vyučovaní matematiky je potrebné si uvedomiť:

- **Mozog je paralelný procesor** – naraz môže vykonávať viacej činností – myslí, prežíva emócie, predstavuje si a pod. Pre vyučovanie aj matematiky vyplýva – robiť vyučovanie zaujímavé, rôznymi podnetmi a pomôckami zamestnávať mozog. Efektívne vyučovanie matematiky využíva množstvo vyučovacích stratégií. Tým sa mozog nebude „nudit“ a bude motivovaný do činnosti.

- **Do procesu učenia je zapojená celá fyziológia človeka** – učenie aj matematiky je prirodzený proces, ktorý môže byť niečím brzdený alebo poškodzovaný. Vyučovacie procesy treba uskutočňovať tak, aby v ňom bolo čo najmenej distresu a iných vplyvov negatívne ovplyvňujúcich činnosť mozgu.

- **Hľadanie významu (zmyslu) je vrodené** – pre človeka a jeho mozog sú prirodzené zvedavosť a aktivita, aktivitu mozgu nemožno zastaviť, ale len usmerniť. Vo vyučovaní matematiky treba vytvoriť podmienky pre tvorivosť, objavovanie, kombinovanie, poskytnúť obohatené prostredie.

- **Hľadanie významu sa uskutočňuje prostredníctvom rozpoznávania a generovania vzorových schém** – pre vyučovanie matematiky z toho vyplýva vyučovať tak, aby učitelia sa videli zmysel učenia, učiteľ matematiky má vytvárať zmysluplné vzorové riešenia a schémy, má orientovať vyučovanie a učenie sa matematike žiadúcim smerom.

- **Emócie majú zásadný význam pre rozpoznávanie a generovanie schém** – aj vyučovanie matematiky a učenie sa matematike je ovplyvňované emóciami, pocitmi a postojmi.

- **Mozog spracúva celok a časti súčasne** – vo vyučovaní matematiky treba využívať spoluprácu oboch mozgových pól. Z toho vyplýva, že vysvetľovať alebo inak sprostredkovať nové učivo v súvislostiach, vyhýbať sa sprostredkúvaniu izolovaných faktov.

- **Učenie stále zahŕňa vedomé i nevedomé procesy** – z toho vyplýva, že pre spracovanie informácií je treba zabezpečiť dostatok času. Škoda, že žiaci majú málo času na spracovanie informácií (treba vytvárať v štruktúre vyučovania viac času na spracovávanie informácií).

- **Eudia majú najmenej dva druhy pamäti: priestorovú a mechanickú** – priestorová pamäť je nevyčerateľná, umožňuje okamžité vybavenie si z pamäti. Vo vyučovaní matematiky je vhodné využívať čo najmenej mechanickú pamäť. Treba umožniť žiakovi využívať logicko-matematickú a priestorovú inteligenciu a jemu vlastný štýl učenia sa. Mozog chápe a pamätá si najlepšie, ak vedomosti z matematiky sú uložené v prirodzenej, priestorovej pamäti. Pre vyučovanie z toho vyplýva, že treba využívať také metódy vyučovania, ktoré sú prirodzené a zapájajú do učenia čo najviac zmyslov.

- **Každý mozog je unikátny, jedinečný, štruktúra mozgu sa učením mení** – učenie musí byť rozmanité a dovoliť tak žiakovi vyjadriť svoje preferencie, treba voliť diferencované prístupy, rešpektovať štýly učenia sa žiakov a vychádzať z ich záujmov a skúseností.

Ešte k vyššie uvedenému jedna poznámka k opakovaniu učiva. Pamäť nie je stála – mozog zabúda to, čo nepovažuje za potrebné pre svoje prežitie, to, čo sa neaktivizuje. Z toho vyplýva požiadavka systematicky sa vracieť k poznatkom, pripomínať ich, pracovať s nimi, aktivizovať ich. Klasické didaktické poučky nabádajú k tomu, aby sa prebrané učivo čo najskôr upevňovalo, skúšalo. Pohľad neurodidaktiky je zaujímavý v tom, že odporúča istý časový odstup medzi prebráním nového učiva a jeho opakovaním. Zdôvodňuje to tým, že novo naučené učivo potrebuje isté „usadenie“, isté začlenenie do systému doterajších vedomostí, a preto skúšanie z nového učiva by nemalo nasledovať na ďalšej vyučovacej jednotke.

Záver

Na vyučovanie matematiky je potrebné pozeráť nielen ako na didaktický proces, ale aj ako na proces výrazne ovplyvnený mozgom človeka. Aj keď táto oblasť nie je ešte celkom preskúmaná, napriek tomu je veľmi podnetná, a preto s ňou sa treba oboznamovať a poznatky z neuropedagogiky a neurodidaktiky prenášať do každodennej výchovno-vzdelávacej praxe.

Literatúra

- [1] Petlák, E. a kol.: Neuropedagogika a vyučovanie. UKF 2010. ISBN 978-80-8094-744-6.

- [2] Trníková, J.: Neurodidaktický pohľad na stres ako faktor ovplyvňujúci proces učenia. In: Neuropedagogika a vyučovanie. UKF 2010. ISBN 978-80-8094-744-6.
- [3] Duchovičová, J.: Neurodidaktický a psychodidaktický kontext edukácie. UKF 2010. ISBN 978-80-8094-783-5.
- [4] Sawiński, J. P.: Neurodydaktyka - moda czy potrzeba? Kierowanie szkołą 2005, nr 7-8.
- [5] Spitzer, M.: Jak się uczy mózg. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN. 2007. ISBN: 978-83-01-15261-1
- [6] Caine, R. N., Caine, G. & col.: 12 Brain/Mind Learning Principles in Action : Developing Executive Functions of the Human Brain. Corwin Press 2008. ISBN 978-1-4129-6106-6.
- [7] Turek, I.: Didaktika. Bratislava: Iura Edition, ISBN 978-80-8078-198-9.

Článok prijatý dňa 15. apríla 2013.

Adresa autorov

prof. RNDr. Ondrej Šedivý, CSc.

*Katedra matematiky, Fakulta prírodných vied, Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre,
Tr. A. Hlinku 1, SK - 949 74 Nitra, e-mail: oshedivy@ukf.sk*

RNDr. Viliam Ďuriš, PhD.

*Katedra matematiky, Fakulta prírodných vied, Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre,
Tr. A. Hlinku 1, SK - 949 74 Nitra, e-mail: vduris@ukf.sk*