proLékaře.cz | 22.11.2026

FUNKČNÍ MAGNETICKÁ REZONANCE VE VZTAHU K ŘEČOVÝM ZÓNÁM

FUNCTIONAL MAGNETIC RESONANCE IN RELATION TO LANGUAGES CENTERS

MUDr. Ing. Radek Tupý, Ph.D.
Klinika zobrazovacích metod LF UK a FN Plzeň, Alej Svobody 80, 304 60 Plzeň
tupyr@fnplzen.cz

Dedikace
Podpořeno projektem institucionálního výzkumu MZ ČR 00669806 Fakultní nemocnice v Plzni a projektem výzkumu Univerzity Karlovy – PRogRES q39.

Abstrakt
Zobrazení aktivity řečových zón mozku pomocí funkční magnetické rezonance (Functional Magnetic Resonance Imaging – fMRI) se v klinické praxi rutinně využívá v plánování před neurochirurgickým výkonem, pokud je patologický proces lokalizován v blízkosti předpokládané polohy řečových center. Pro provedení vlastního vyšetření je nezbytná dobrá spolupráce pacienta, proto je v přípravě pacienta na fMRI řečových funkcí významná role logopeda. Další uplatnění má metoda fMRI v oblasti výzkumu v mapování funkcí a plasticity mozku.

Abstract
Functional magnetic resonance imaging (fMRI) is routinely used in clinical practice for neurosurgery planning in case of pathological process located near the predicted position of languages centers. To carry out a proper examination, active collaboration of a patient is essential and the role of Speech-Language Pathologist is therefore very important. Another application of fMRI includes research of function mapping and plasticity of the brain.

Klíčová slova
funkční magnetická rezonance, fMRI, řečová centra

Key words
functional magnetic resonance imaging, fMRI, language centers

Úvod

Sledování aktivity mozku pomocí zobrazení magnetickou rezonancí (Magnetic Resonance Imaging – MRI), takzvanou funkční magnetickou rezonancí (Functional Magnetic Resonance Imaging – fMRI), způsobilo od svého vzniku na počátku devadesátých let dvacátého století doslova revoluci v poznání fungování mozku. Neinvazivita, opakovatelnost a reprodukovatelnost tohoto vyšetření z něj činí ideální nástroj pro výzkum v oblasti neurofyziologie a neuropatofyziologie. Rozvoj výpočetní techniky a stále se zvyšující dostupnost vyšetření MRI, včetně přístrojů s vysokou magnetickou indukcí (1,5 a 3 tesly) během posledních dvaceti let vedly k tomu, že metoda v současnosti nachází uplatnění i v každodenní klinické praxi, včetně vyšetřování řečových center. Velkou výhodou metody je dobrá anatomická přesnost a názornost obrazových výstupů vyšetření umožňující mezioborové sdílení výsledků a také archivaci.



MUDr. Ing. Radek Tupý, Ph.D.

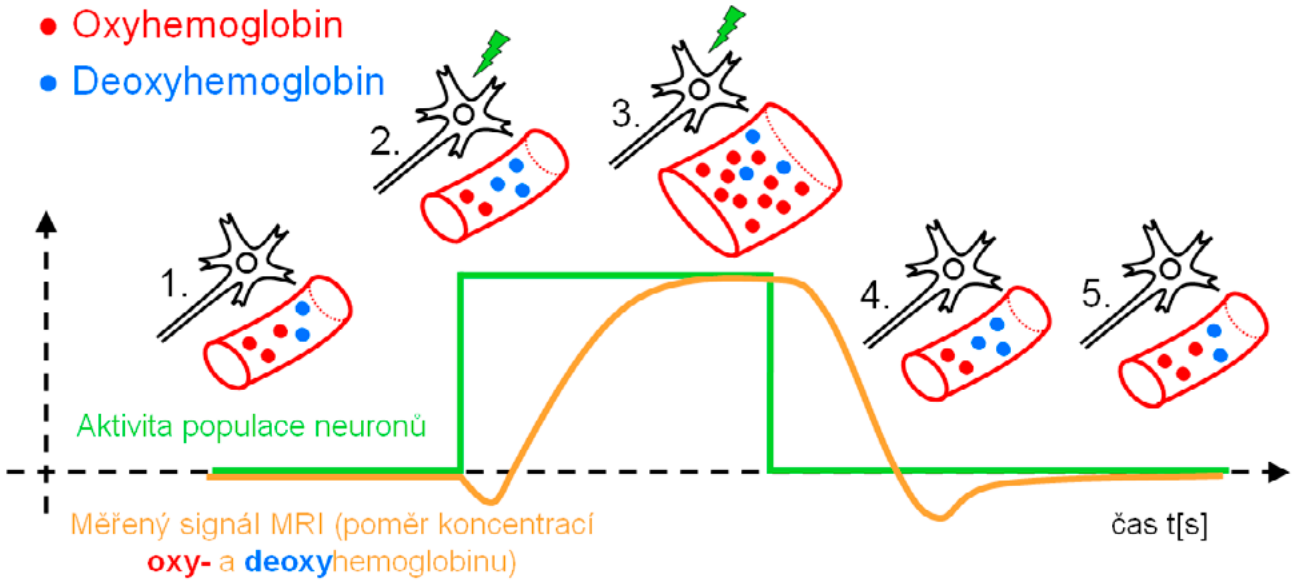
Princip zobrazování funkční magnetickou rezonancí

Pomocí fMRI nelze sledovat přímo elektrické vzruchy šířící se v nervové tkáni. Metoda je založená na detekci změn lokálního prokrvení mozkové tkáně. Zvýšená aktivita v některém z center v mozkové tkáni je s krátkou časovou latencí následována zvýšením lokálního prokrvení (Buxton et al., 1997). Existuje několik způsobů, jak tyto změny (perfuzní) zaznamenat. Nejvyužívanější metoda v rámci fMRI je měření změny úrovně oxygenace krve, tzv. Blood Oxygenation Level Dependent – BOLD (Ogawa et al., 1990). Okysličený

proLékaře.cz | 22.11.2026

hemoglobin přiváděný z plic tepnami do tkání (oxyhemoglobin) je diamagnetický a nepůsobí ve svém okolí změnu magnetického pole. Naproti tomu hemoglobin, který již kyslík ve tkáni odevzdal (deoxyhemoglobin) je silně paramagnetický a ve svém okolí způsobuje nehomogenity magnetického pole, tzv. susceptibilní efekt. Speciální MRI sekvencí citlivou na susceptibilní efekt je v oblastech nehomogenit magnetického pole zaznamenán úbytek měřeného signálu. Výsledkem je vyšší měřený signál z krve, která obsahuje větší koncentraci oxyhemoglobinu, a naopak nižší signál z krve se zvýšenou koncentrací deoxyhemoglobinu (Kennan et al., 1994).

Dynamický proces je zjednodušeně znázorněn na obr. 1 v pěti časových okamžicích: 1.) na začátku je neuron v klidovém stavu a v blízké cévě je klidový poměr koncentrací oxy- a deoxyhemoglobinu, čemuž odpovídá klidový měřený signál MRI; 2.) ve druhém okamžiku dojde k aktivaci neuronu vhodným podnětem, téměř okamžitě se zvýší spotřeba kyslíku a v blízké cévě dojde k poklesu koncentrace oxyhemoglobinu a díky tomu se mírně sníží úroveň signálu; 3.) s několika sekundovou (3–7 s) časovou latencí dojde k rozšíření (dilataci) cévy a přísunu většího množství okysličené krve, přičemž toto dopravené množství kyslíku přesahuje zvýšenou spotřebu aktivního neuronu, a proto dojde k nárůstu koncentrace oxyhemoglobinu v cévě a odpovídajícímu zvýšení měřeného signálu; 4.) po odeznění aktivity neuronu dojde k návratu cévy do původní šíře a k mírnému překmitu koncentrace oxyhemoglobinu pod klidovou úroveň s odpovídajícím snížením signálu; 5.) v posledním okamžiku následuje obnova klidového stavu.



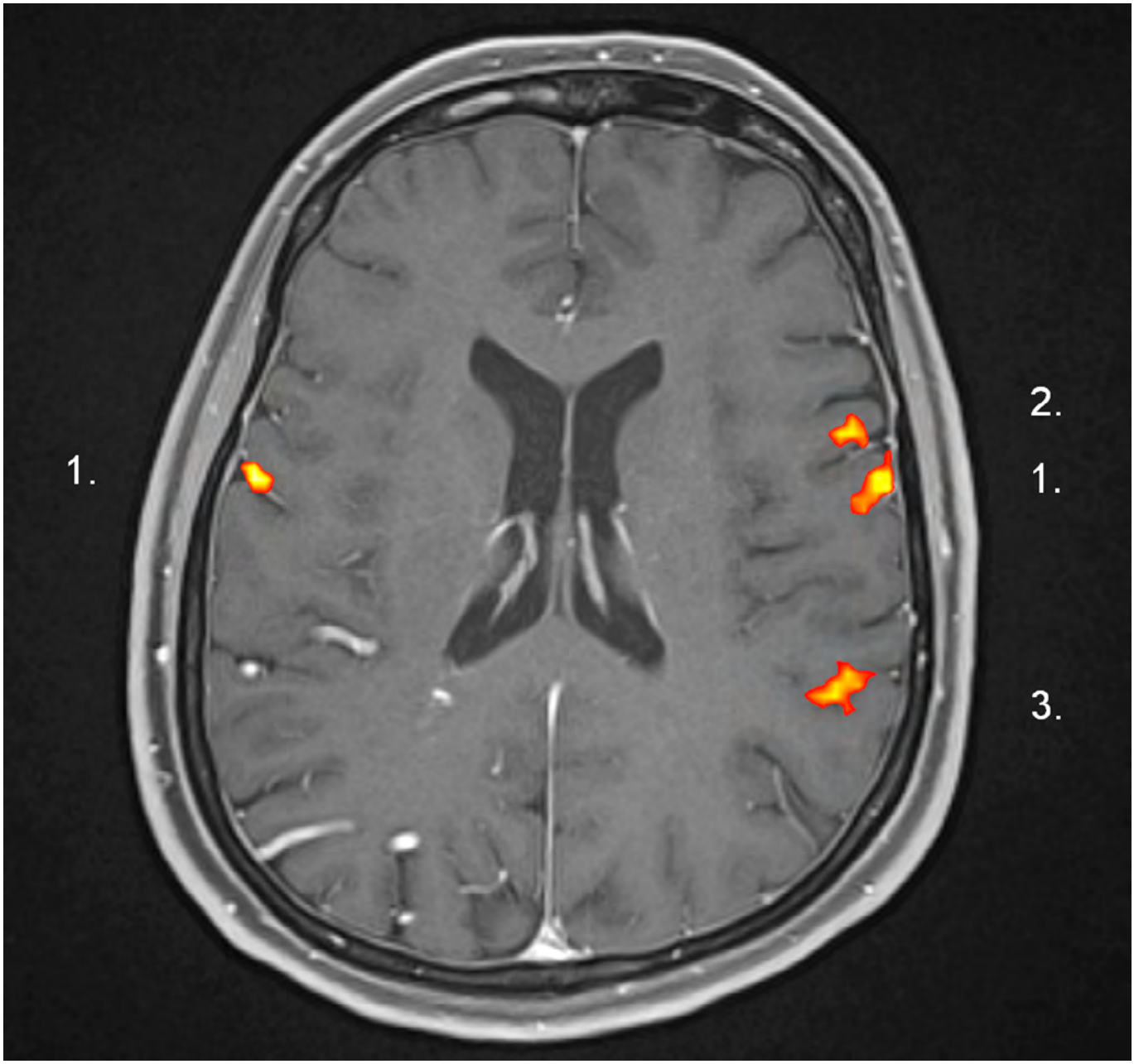
Obrázek 1: ***Schéma časového záznamu aktivace neuronu, změn prokrvení (perfuze) v jeho blízkosti, změn poměrů koncentrací oxy- a deoxyhemoglobinu a odpovídajících změn měřeného signálu pomocí MR***

Rozdíly signálu způsobené změnami poměru koncentrací oxy- a deoxyhemoglobinu jsou velmi malé, proto je měření mnohokrát opakováno v pravidelně se střídajících časových úsecích klidu a aktivity – tzv. blokové schéma. Signální rozdíly v aktivních a neaktivních blocích jsou statisticky vyhodnocovány. Výsledky statistické analýzy jsou převedeny do formy barevně kódovaných map aktivity a znázorněny na anatomickém zobrazení mozku (obr. 2, 3 a 4).

Metoda provedení

Pro dosažení aktivace požadovaných mozkových center musí pacient během vyšetření provádět stanovené úkoly, a to vše bezchybně v pravidelných intervalech klidu a aktivity v rámci blokového schématu vyšetření. Po celou dobu pacient leží v přístroji magnetické rezonance (podle protokolu vyšetření 30–45 minut), hlavu má fixovanou ve vyšetřovací cívce, hlavou nesmí pohnout, i drobné pohyby vnášejí do vyšetření významné nepřesnosti. Na uších má pacient sluchátka, které jej chrání před hlukem produkovaným přístrojem a zároveň umožňují komunikaci s radiologickým asistentem obsluhujícím přístroj. Z výše uvedeného vyplývají omezení ze strany pacienta s ohledem na jeho schopnosti vyhovět povelům a adekvátně spolupracovat.

proLékaře.cz | 22.11.2026



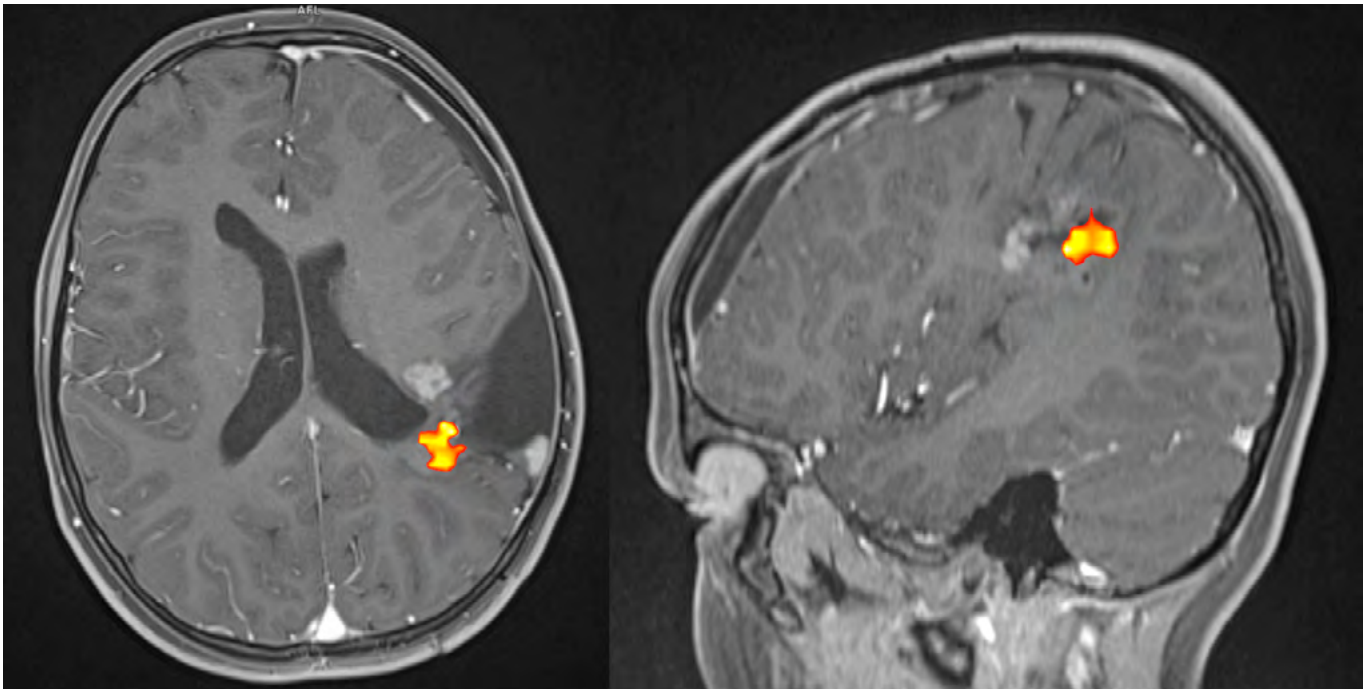
Obrázek 2: ***Ukázka nejčastějšího běžného obrazu aktivací motorických oblastí jazyka v obou hemisférách a řečových center v levé dominantní hemisféře (1.), motorická Brocova (2.) a senzorická Wernickeova (3.) oblast***

Pro aktivaci řečových center existuje řada stimulačních testů v různých variantách. Například verb generation task – produkce slov vztahujících se dle zadání k určitému objektu, který je předkládán ve formě obrázku nebo slova; semantic decision task – rozhodnutí, zda předkládané objekty mají vzájemný, zadáním definovaný vztah či ne; passive listening – poslech mluveného slova. Pro jednoduchost provedení a přitom vysokou výpovědní hodnotu výsledků fMRI patří k nejužívanějším test slovní plynulosti (verbal fluency task) a test pojmenování objektu (object naming task). Na našem pracovišti používáme standardní schémata obou testů v této podobě:

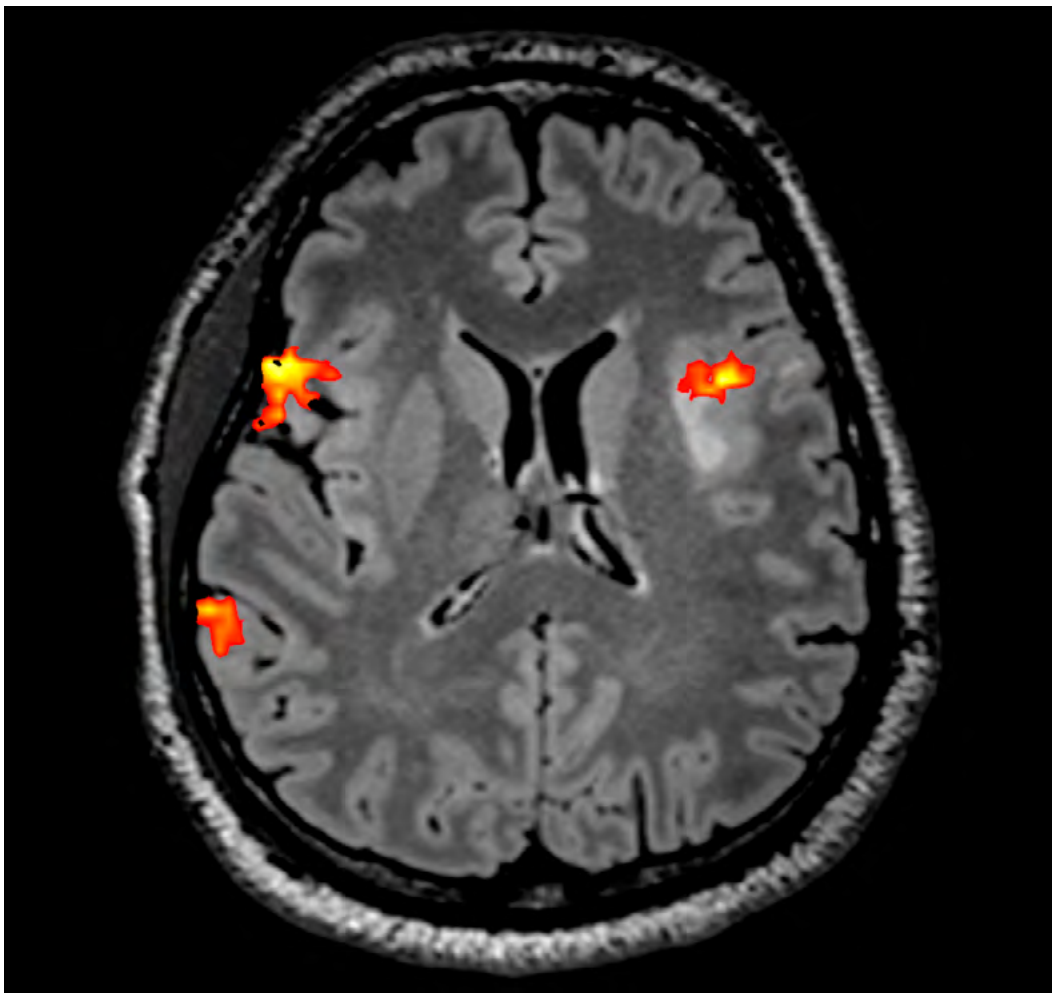
1. Test slovní plynulosti – pacient má zavřené oči, v aktivní části si vybavuje a pro sebe pojmenovává části těla, nijak se nepohybuje, ani rty, v klidové části pacient nehnutě odpočívá.
2. Test pojmenování obrázků – pacient má stále otevřené oči, v aktivní části bezhlasně pojmenovává obrázky, které jsou mu promítány do zorného pole pomocí projekce přes soustavu zrcadel, při pojmenování vždy začne slovy: „to je…“ a pojmenuje objekt z obrázku, neprodukuje zvuk, pohybuje rty a jazykem (součástí tohoto testu je tedy i vyšetření motorických oblastí jazyka a rtů), v klidové části pacient nehnutě odpočívá.

Před každým funkčním vyšetřením řečových center podstupuje pacient vyšetření klinickým logopedem, který mimo jiné zhodnotí, zda je u pacienta předpoklad provedení validního fMRI. V závislosti na lokalizaci patologické léze v mozku bývá součástí fMRI řečových funkcí i vyšetření motorických oblastí pro ruce a nohy. Logoped pacientovi průběh vyšetření podrobně vysvětlí a provede detailní nácvik všech úkolů.

proLékaře.cz | 22.11.2026



Obrázek 3: ***Dětský pacient po opakovaných resekcích ependymomu levé hemisféry temporoparietálně, aktivita senzorického centra se promítá do blízkosti tumoru (světle šedé ložisko před oblastí aktivace), řečové centrum je na základě předchozích chirurgických výkonů oproti normálnímu stavu dislokováno mediálně***



Obrázek 4: ***Pacient s dominantní aktivitou při řečových zkouškách v pravé mozkové hemisféře, aktivita se však objevuje i v levé hemisféře v předpokládané oblasti motorického centra, navíc v těsném vztahu k tumoru v insulární krajině (světlé ložisko těsně za oblastí aktivace)***

proLékaře.cz | 22.11.2026

Indikace

V klinické praxi se standardně provádí fMRI v přípravě před neurochirurgickým výkonem u pacientů, kde je patologický proces lokalizovaný v blízkosti elokventních zón mozku (řeč, motorika, kognice) s cílem co nejmenšího poškození příslušných funkcí (Krings et al., 2001). Na základě takto zjištěných topograficko-anatomických vztahů pak neurochirurg volí adekvátní přístup, eventuálně zváží „awake" operaci (probuzení pacienta během výkonu na mozku za účelem přesného mapování funkcí mozku elektrofyziologickými metodami). Vzhledem k nutnosti validní spolupráce pacienta v průběhu fMRI jsou k tomuto vyšetření indikováni pacienti bez afázie, nebo jen s lehkou poruchou. Často se vyšetření fMRI znovu provádí také při reoperacích, kdy vzhledem k plasticitě mozku mohlo dojít k přesunu center. U dětí je schopnost spolupráce velmi individuální, vyšetření je obvykle možno provést od mladšího školního věku, indikace jsou shodné s vyšetřeními u dospělých.

V oblasti výzkumu je využití fMRI pestřejší, na základě složitějších a komplexních aktivačních úkolů je možné mapovat detailněji a cíleněji oblasti zapojené do produkce a chápání řeči, kognitivní funkce a jejich vzájemné vztahy (Tintěra et al., 2017). Pomocí fMRI je také možné sledovat procesy při obnově řečových funkcí po poškození mozku a vliv terapie na jejich vývoj (Rapp et al., 2013, Smits et al., 2012).

Závěr

Funkční magnetická rezonance je moderní a zároveň rutinně využívaná vyšetřovací metoda, která díky mapování elokventních oblastí mozku pomáhá snižovat porušení zásadních mozkových funkcí při neurochirurgických výkonech. Výtěžnost vyšetření závisí na jeho kvalitním a standardním provedení, na které má vliv hlavně adekvátní spolupráce pacienta. Při vyšetřování řečových center jsou omezené možnosti přímé kontroly správnosti pacientem prováděných zadaných úkolů a neúspěšnost měření vyžaduje opakování vyšetřovacích sekvencí. Proto se zde významně uplatňují příprava a nácvik úkolů předem, zpravidla za pomoci klinického logopeda, který navíc zhodnotí předpoklad provedení validního vyšetření.

Literatura

BUXTON, R. B. a L. R. FRANK, 2016. *A Model for the Coupling between Cerebral Blood Flow and Oxygen Metabolism during Neural Stimulation*. 17(1), 64-72. DOI: 10.1097/00004647-199701000-00009. ISSN 0271-678X. Dostupné také z: http://journals.sagepub.com/doi/10.1097/00004647-199701000-00009

KENNAN R. P., ZHONG J., GORE J. C. Intravascular susceptibility contrast mechanisms in tissues. Magn Reson Med. 1994 Jan; 31(1):9-21.

KRINGS, T., REINGES, M. H., ERBERICH, S., KEMENY, S., ROHDE, V., SPETZGER, U, KORINTH, M., WILLMES, K., GILSBACH, J. M., THRON, A.. Functional MRI for presurgical planning:problems, artefacts, and solution strategies. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2001 Jun; 70(6):749-760.

OGAWA, S., LEE, T. M., KAY, A. R., TANK, D. W.. Brain magnetic resonance imaging with contrast dependent on blood oxygenation. Proc Natl Acad Sci U S A. 1990 Dec; 87(24):9868-9872.

RAPP, B., CAPLAN, D., EDWARDS, S., VISCH-BRINK, E., , THOMPSON, C. K. Neuroimaging in aphasia treatment research: Issues of experimental design for relating cognitive to neural changes. *NeuroImage*. 73, 200-207. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2012.09.007. ISSN 10538119. Dostupné také z: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1053811912009160

SMITS, M., VISCH-BRINK, E. G., VAN DE SANDT-KOENDERMAN, M. E., VAN DER LUGT, A.. Advanced Magnetic Resonance Neuroimaging of Language Function Recovery After Aphasic Stroke: A Technical Review. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 93(1), S4-S14. DOI: 10.1016/j.apmr.2011.02.023. ISSN 00039993. Dostupné také z: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0003999311008082

TINTĚRA, J., ŠKOCH, A., RYDLO, J., IBRAHIM, I. Funkční MR zobrazování: metodický přehled a nové perspektivy, 2017. *Česká radiologie*. 71(4), 331-344. ISSN 1210-7883.