

KLINICKÉ APLIKACE MR SPEKTROSKOPIE U PACIENTŮ S EPILEPSIÍ

MUDr. Dagmar Fojtíková¹, doc. MUDr. Milan Brázdil, Ph.D.¹, Ing. Jaroslav Horký², prof. MUDr. Ivan Rektor, CSc.¹

¹Centrum pro epilepsie, I. neurologická klinika LF MU, FN u sv. Anny Brno

²Oddělení nukleární magnetické rezonance ÚPT AV ČR, Brno

Magnetická rezonanční spektroskopie (MRS) je jednou z nových zobrazovacích metod, které si našly místo v diagnostice mnoha neurologických onemocnění. Jednou z nejčastějších diagnóz, kde se tato metoda uplatňuje, je epilepsie. Cílem předkládaného příspěvku je poskytnout stručný přehled nejdůležitějších klinických aplikací u epileptických pacientů. V úvodu článku jsou pak stručně popsány základní charakteristiky MRS metodiky.

Klíčová slova: magnetická rezonanční spektroskopie, temporální a extratemporální epilepsie, idiopatické generalizované epilepsie.

Neurol. pro praxi, 2007; 3: 171–174

Seznam zkratk

CSI – chemical shift imaging

MRS – magnetická rezonanční spektroskopie

SVS – single voxel technika

MRS zavedená do klinického používání ve druhé polovině 80. let minulého století, je zobrazovací metoda umožňující in vivo průkaz určitých chemických sloučenin v lidském těle. Selektivním, neinvazivním a nedestruktivním způsobem poskytuje informace o buněčném metabolismu ve tkáních a orgánech, a tím významně doplňuje čistě anatomické zobrazování poskytované konvenční magnetickou rezonancí (MRI). Ve zdravé tkáni jsou přítomny produkty metabolismu v koncentracích charakteristických pro daný typ tkáně měnící se působením nemocí, stresu a funkčních poruch. Tyto změny pak můžeme prostřednictvím MRS zachytit.

MR spektroskopie podobně jako MRI využívá magnetických vlastností atomového jádra. MRS a MRI fungují při získávání signálu na stejných fyzikálních principech, ale liší se způsobem jakým jsou data dále zpracovávána, zobrazena a interpretována. Hlavní odlišnost mezi těmito technikami spočívá především v detekci rozdílných chemických sloučenin. Zatímco MRI, umožňující detailní anatomické zobrazení, zpracovává pouze signály vody a lipidů, MRS je schopná detekce četných metabolických signálů vycházejících z živé tkáně a naopak signály vody a lipidů potlačuje. Citlivost MRS metody je relativně malá z důvodu nízké koncentrace metabolitů; intenzita měřených signálů je obvykle cca 10 000krát nižší než intenzita signálu vody. Pro zvýšení citlivosti metody je proto třeba signály akumulovat opakovaným měřením, obvykle po dobu několika minut.

Signály MRS mohou být získány měřením vybraného jádra o určitém spinu a magnetickém momentu jádra (např. ³¹P, ¹³C, ²³N), ovšem uvedená rezonující jádra jsou zatím využívána spíše v experimentálních studiích. V současné době dominuje využití vodíko-

vých atomů (protonů), které poskytují největší nukleární MR signál díky jejich přirozenému výskytu v lidském těle (prakticky 100 %) a velké magnetické senzitivitě. V tom případě mluvíme o protonové ¹H MRS a té se také budeme v následujícím textu věnovat.

Výstupem ¹H MRS je spektrum, na kterém je pozice signálu určitého metabolitu vyjádřena na horizontální ose jejím chemickým posunem (tzv. chemical shift) určeným v jednotkách ppm (parts per million) a vertikální osa vyjadřuje intenzitu signálu. Chemický posun a tvar signálu je pro každý metabolit charakteristický (obrázek 1).

Pro MR spektroskopické vyšetření jsou k dispozici dvě základní techniky s různými lokalizačními charakteristikami:

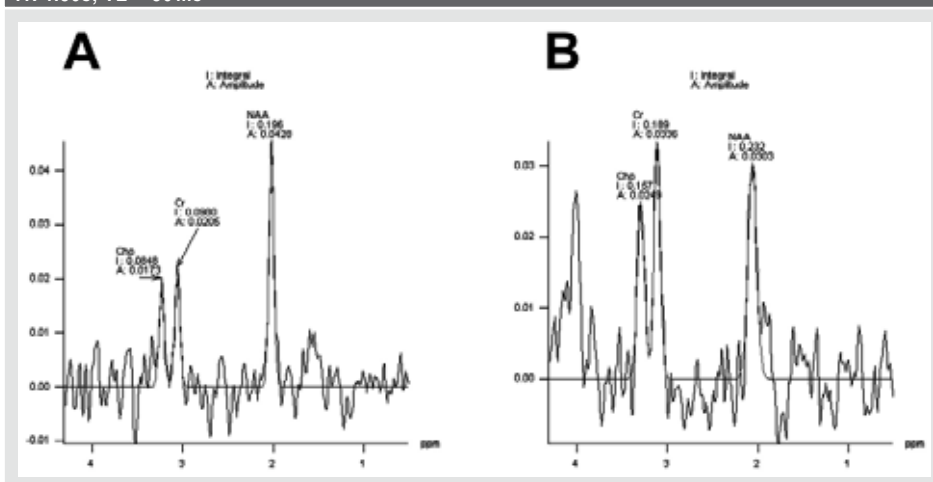
1. **Single voxel technika – SVS** (jednoobjemová spektroskopie) zkoumá omezený objem tkáně většinou tvaru krychle o objemu 2–8 ml. Výsledkem měření je pouze jedno výsledné spektrum, které vypovídá o celkovém rozložení metabolitů v celém

vyšetřovaném objemu (voxelu). Díky přesnější definovaným podmínkám měření umožňuje tato technika stanovení absolutní koncentrace měřeného metabolitu ve vybrané oblasti. Nejčastěji se používá při vyšetření známých ložiskových patologií (např. nádorů či hipokampální sklerózy u pacientů s epilepsií temporálního laloku; obrázek 2).

2. **Chemical shift imaging – CSI** (zobrazování chemického posunu) nebo MRSI (spektroskopické zobrazování) měří koncentraci metabolitů ve vybraném objemu mozkové tkáně, který je rozdělen na větší množství malých objemových jednotek (voxelů). Z každého voxelu pak získáme samostatné spektrum (obrázek 3). Tato metoda také umožňuje zobrazení rozložení koncentrací jednotlivých metabolitů ve zkoumané oblasti např. ve formě spektroskopické mapy (obrázek 4). Nejčastější aplikace této techniky je při vyšetření víceložiskových patologických procesů nebo při vyšetření oblastí, které neu-

Obrázek 1. A. Normální ¹H MRS spektrum získané z hipokampu zdravého jedince. Dobře jsou patrné typické signály cholinu (Cho), kreatinu (Cr) a N-acetylaspartátu (NAA) (zleva doprava)

B. Abnormální spektrum z postiženého hipokampu u pacienta s mezeitemporální epilepsií a hipokampální sklerózou. Již na první pohled je patrný výrazný pokles NAA signálu (zejména v porovnání s Cho a Cr), odrážející úbytek tohoto metabolitu ve vyšetřované struktuře. Metoda PRESS, B0 = 1.5T, TR 1.36s, TE = 80 ms



možností přesné zacílení. Příkladem může být detekce předpokládaného epileptického ložiska u nelezionálních epilepsií.

Klinické MRS vyšetření vždy zahrnuje i anatomické zobrazování konvenční magnetickou rezonancí. Spektra se zobrazují spolu s MR snímky, které vyznačují anatomickou polohu měřené oblasti vybrané pro spektroskopii. Podobně jako u MRI spektroskopické informace závisí na parametrech snímání, zvláště na repetičním (TR) a echo (TE) čase. Při použití dlouhého TE (135–270 ms) se zobrazují jednoduché signály N-acetylaspartátu (NAA) – (hlavní indikátor struktury a funkčnosti neuronů), kreatinu (Cr) – (reflektuje energetický status a často se používá jako referenční hodnota), cholinu (Cho) – (klíčový marker stability buněčných membrán; signál je ovlivněn buněčnou densitou či rozpadem buněk) a laktátu (Lac) – (v normální tkáni je jeho koncentrace na hranici detekovatelnosti, je zvýšen při anaerobním metabolismu). Kratší echo časy (TE < 30 ms) pak umožňují zobrazení dalších metabolitů, charakteristických krátkým relaxačním časem T_2 (např. myoinositol, laktát, glutamin/glutamát, alanin, taurin, γ -aminomáselná kyselina). Současně jsou však viditelné i výrazně rozšířené čáry makromolekul, které svým tvarem značně komplikují interpretace získaných spekter.

Při vyhodnocování výsledků spekter dáváme přednost integrálům signálů (které odpovídají ploše pod křivkou daného signálu) jednotlivých změřených metabolitů. Tyto pak méně závisí na lokálních nehomogenitách magnetického pole a jsou méně citlivé na změřený šum. Nejčastěji se však v klinické praxi výsledky spekter vyhodnocují jako relativní intenzity signálů a stanovuje se poměr sledovaného metabolitu typicky k Cr či Cho (např. NAA/Cr, NAA/Cho nebo NAA/Cr + Cho). Při použití poměrů však hrozí možnost mylné interpretace výsledků, neboť se předpokládá, že hodnota referenčního signálu (za který se většinou pokládá kreatin) je v mozkové tkáni u daného subjektu i v případě patologického procesu, neměnná. V literatuře byly ovšem opakovaně dokumentovány změny v koncentracích kreatinu např. u roztroušené sklerózy nebo HIV demence. Absolutní kvantifikace spektra, tj. stanovení koncentrace metabolitů v daném objemu tkáně, je v případě CSI mnohem složitější. V současnosti jsou stále častěji testovány a využívány různé nezávislé kvantifikační programy (využívající interní či externí referenční hodnoty standardů). Z těchto programů dosáhl nejvyššího rozšíření program LCModel.

Magnetická rezonanční spektroskopie si našla místo v diagnostice mnoha neurologických onemocnění a jednou z nejčastějších diagnóz, kde se tato metoda uplatňuje, je epilepsie.

Následující text se bude soustředit na hlavní oblasti klinické aplikace této techniky u epileptických pacientů.

¹H MRS u pacientů s meziotemporální epilepsií a hipokampální sklerózou (MTLE/HS)

V současnosti platná Mezinárodní klasifikace epilepsie a epileptických syndromů rozděluje epilepsie temporálního laloku (TLE) do dvou syndromů: na vzácnější epilepsie temporální laterální (neokortikální) a jednoznačně častější epilepsie meziotemporální (amygdalo-hipokampální). Epilepsie meziotemporální s hipokampální sklerózou, tj. atrofií a gliózou postiženého hipokampu tvoří syndrom MTLE/HS. Hipokampální skleróza (HS) je díky charakteristickému MR obrazu většinou dobře detekovatelná pečlivým MRI vyšetřením a MRI je při diagnostice tohoto syndromu velmi významnou metodou.

U pacientů s MTLE/HS je farmakorezistence vysoce pravděpodobná (dlouhodobě lze pravděpodobně dosáhnout bezzáchvatovosti pouze u cca 10 % léčených pacientů). V případě včasného operačního řešení představují jedinci s MTLE/HS ideální kandidáty pro epileptochirurgický zákrok a úspěšnost standardně prováděných resekčních výkonů (provádí se buď anteromedální temporální resekce nebo selektivní amygdalo-hipokampektomie) se pohybuje kolem 70–80 % (tj. procento pacientů, kteří jsou po operaci zcela bez záchvatů).

Většina MRS studií provedených u epileptiků se v posledních 12 letech zaměřila především na problematiku temporální, resp. meziotemporální epilepsie. První MRS práce provedené u těchto pacientů testovaly schopnost magnetické rezonanční spektroskopie správně lateralizovat epileptické ložisko ve srovnání s již dobře ověřenými metodami. Výsledky metabolických spekter získaných z předpokládaného epileptogenního hipokampu byly porovnány s lokalizační stanovenou EEG vyšetřením nebo MRI obrazem hipokampální sklerózy, se zónou hypometabolismu prokázanou vyšetřením pozitronovou emisní tomografií (FDG-PET), či s výsledky jednofotonové emisní tomografie (SPECT). Ve velké části studií byla zjištěna silná korelace mezi ¹H MRS a uvedenými metodami. Největším přínosem ¹H MRS bylo zjištění či potvrzení lateralizace epileptického ložiska před plánovaným epileptochirurgickým výkonem. Typickou změnou v patologickém spektru je pokles signálu NAA v postižené oblasti, který odráží jak úbytek neuronů, tak alteraci jejich mitochondriálního metabolismu. Tento nález je někdy provázen méně významným zvýšením signálu Cho a Cr (tyto změny jsou přičítány glióze). V časně postiktální fázi můžeme ve spektru také detekovat zvýšenou koncentraci laktátu. Bylo rovněž referováno zvýšení hladiny myoinositolu v epileptickém

ložisku jako důsledek epileptické aktivity s následnou indukci kotransportéru Na⁺/myoinositolu provázející gliální proliferaci.

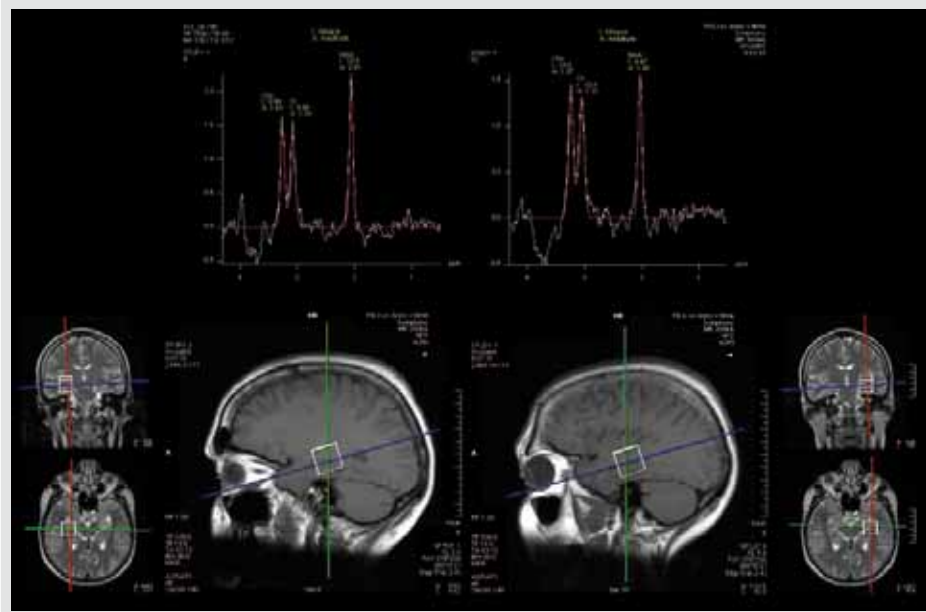
Jedna z prvních prací zabývajících se metabolickým vyšetřením hipokampů u 8 pacientů s farmakorezistentní TLE prokázala shodu metabolického nálezu s EEG vyšetřením u všech pacientů a konvenční MRI potvrdilo hipokampální sklerózu u 7 z 8 nemocných (10). V následujících letech se objevila řada studií, které potvrdily schopnost ¹H MRS správně lateralizovat epileptické ložisko, a to jak u dospělých (4), tak dětských pacientů (9).

Zajímavá byla rozsáhlá studie provedená na souboru 100 pacientů s farmakorezistentní MTLE. Autoři této práce zjistili silnou korelaci mezi výsledky vyšetření EEG, ¹H MRS a MR volumetrií (4). Patologické hodnoty metabolických spekter byly nalezeny u 99 ze 100 pacientů. Správná lateralizace byla stanovena pomocí ¹H MRS u 86 %, pomocí MR volumetrie u 83 % a kombinací obou zmíněných metod u 90 % nemocných. Korelace mezi stupněm snížení hipokampálního objemu a patologickými nálezy metabolitů byla dále studována a potvrzena v několika dalších studiích. Naproti tomu autoři nedávno publikované práce se domnívají, že obě metody zjišťují aspekty dvou rozdílných patologií a mezi ¹H MRS a MR volumetrií žádnou korelaci neprokazují (6). Odlišná data mohou souviset s rozdílnými soubory vyšetřovaných pacientů a zvolenou metodikou při získávání a zpracování dat.

Mimo lateralizační schopnosti se zdá, že metoda ¹H MRS by mohla být také dostatečně citlivá při rozlišení meziální temporální epilepsie od laterální neokortikální TLE (NTLE). Podle publikovaných výsledků pacienti s MTLE vykazovali signifikantní metabolické změny v hipokampální struktuře postižené hemisféry, zatímco ve skupině pacientů s NTLE nebylo zjištěno významné snížení NAA v ipsilaterálním ani kontralaterálním hipokampu (18).

Podstatným příspěvkem magnetické rezonanční spektroskopie jsou nálezy abnormních spekter v epileptogenní zóně u pacientů, u kterých nebyla konvenčním MRI vyšetřením prokázána strukturální patologie, tj. u nelezionálních temporálních epilepsií (20). Nejčastější interpretace těchto nálezů je, že ¹H MRS detekuje i časně a subtilní změny, které konvenční MRI není schopna zachytit. V další progresi pak dochází ke vzniku atrofie a sklerózy, k prohloubení metabolických změn a k eventuálnímu rozšíření patologického procesu kontralaterálně. V uvedeném popisu se tedy předpokládá, že ¹H MRS napomáhá detekci různých stádií a reflektuje progresi jedné a též patologie. Specifická těchto nálezů však zůstává nejistá, neboť metabolické abnormality jsou detekované také v oblastech vzdálených epileptickému ložisku.

Obrázek 2. V levé části obrázku je zobrazeno ^1H MRS spektrum ze zdravého hipokampu, v pravé polovině spektrum z hipokampu postiženého hipokampální sklerózou u pacienta s mezi temporální epilepsií. V dolní části obrázku je patrné ohraničení vyšetřované tkáně (voxelu) příslušného hipokampu. SVS technika, $B_0 = 1,5\text{ T}$, $TR = 1,5\text{ s}$, $TE = 80\text{ ms}$, $VOI = 8\text{ ml}$



Zastoupení kontralaterálních hipokampálních změn u pacientů s jednostranným MRI obrazem HS se v některých studiích blíží až k 50% (5). V již zmíněné rozsáhlé MRS studii však byla redukce hodnot NAA na kontralaterální straně jednoznačně méně vyjádřena a stupeň asymetrie pak koreloval se stupněm patologie na EEG; tedy čím výraznější byl nález jednostranné patologie na EEG, tím výraznější byla i asymetrie v NAA/Cr poměru (4). Výsledky několika dalších studií prokázaly signifikantní lineární korelaci mezi stupněm asymetrie a operačním výsledkem. Jasně tím potvrdily, že kontralaterální metabolické změny jsou prognostickým ukazatelem horších pooperačních výsledků (1). Naproti tomu v jiné studii byla i u pacientů s oboustrannou hipokampální redukcí NAA popsána výborná pooperační kompenzace epileptických paroxysmů (11). Zda oboustranné patologické MRS nálezy v temporálních lalocích souvisejí s přítomností dvou nezávislých epileptických ložisek či s progresí jednoho patologického procesu kontralaterálně, nebo zda tyto nálezy odrážejí změny funkcí v důsledku propagující se záchvatové aktivity, tedy zůstává otázkou.

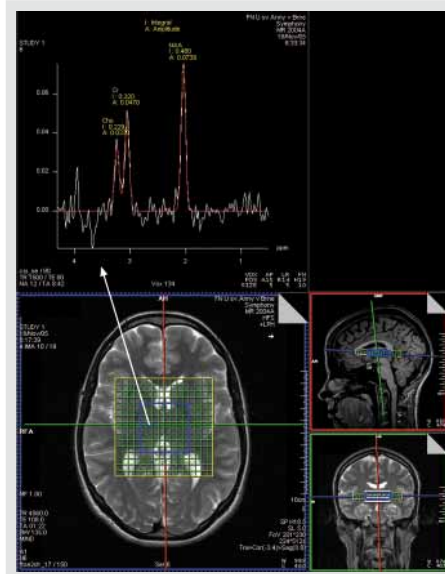
Diskutabilní nadále také zůstává, co vlastně abnormální metabolická spektra reflektují, zda neuronální dysfunkce či ztrátu neuronů? Základním rysem hipokampální sklerózy je ztráta neuronů a reaktivní proliferace gliových buněk. V dřívějších studiích vedla vysoká shoda mezi patologickými změnami metabolitů v epileptogenní oblasti a histopatologickými nálezy k počátečnímu předpokladu, že zmíněná metabolická alterace je především lezionálním ukazatelem. Přesto se o NAA v poslední době stále častěji hovoří jako o neuronálním dynamickém funkčním

markeru, který spíše než změny strukturální odráží změny metabolické. Tento fakt podporují studie, které prokazují pooperační normalizaci metabolitů v kontralaterálním hipokampu u všech pacientů, kteří byli v dalším pooperačním průběhu bez záchvatu a naopak u pacientů, u kterých po operaci došlo k obnovení epileptických paroxysmů se změny v koncentracích metabolitů neprokázaly (19). Nálezy tak ukazují na reverzibilitu změn funkčního charakteru, podmíněnou trváním či ukončením epileptických záchvatů. Nedávná studie, ve které bylo vyšetřeno 33 operovaných pacientů s MTLE/HS, neprokázala žádnou signifikantní korelaci mezi histologicky verifikovaným neuro-gliálním poměrem v cornu Ammonis a fascia dentata s poměrem NAA/Cr v operované hipokampální oblasti (jak by se dalo předpokládat, pokud by hodnota NAA skutečně reprezentovala pouhou ztrátu neuronů) (14). Pro funkční charakter změn N-acetylaspartátu mohou svědčit rovněž studie, ve kterých byla popsána pozitivní korelace mezi stupněm snížení NAA a frekvencí záchvatů; např. ve studii s 82 pacienty s farmakorezistentní TLE byla prokázána nepřímo úměrná závislost mezi četnými generalizovanými tonicko-klonickými záchvaty a nižším poměrem NAA/Cr a stejná závislost mezi poměrem NAA/Cr v ipsilaterálním i kontralaterálním temporálním laloku a délkou trvání epilepsie (2).

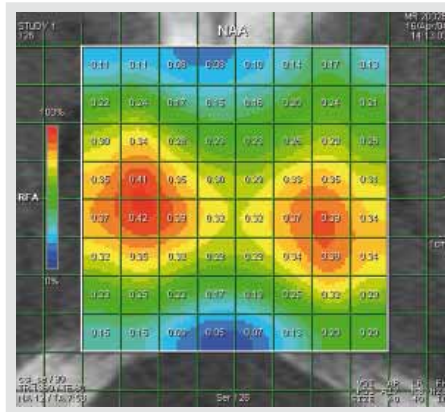
^1H MRS u pacientů s extratemporální epilepsií

V kontrastu s četnými ^1H MRS pracemi u pacientů s TLE stojí nemnoho spektroskopických studií zabývajících se extratemporální epilepsií. Hlavním důvodem je zřejmě skutečnost, že pacienti s extratemporální

Obrázek 3. ^1H MRS spektrum z vybraného voxelu z oblasti pravého thalamu u zdravého dobrovolníka, CSI technika, lokalizace VOI (oblast ohraničená bílým čtvercem), $B_0 = 1,5\text{ T}$, $TR = 1,36\text{ s}$, $TE = 80\text{ ms}$, $VOI = 40 \times 40 \times 10\text{ mm}$, obrazová matice 16×16 , velikost voxelu 0,25 ml



Obrázek 4. Rozložení koncentrace metabolitu NAA v pravém a levém thalamu u zdravého dobrovolníka



epilepsií představují etiopatogeneticky velmi rozmanitou skupinu a předpoklad správné lateralizace a lokalizace pomocí této metody je zde tedy mnohem náročnější. Další svízel spočívá v tom, že epileptický fokus je u extratemporálních epilepsií často rozsáhlejší a hůře definovaný a lze jej tedy obtížněji zacílit. Při testování dvou odlišných skupin pacientů s nelezionální epilepsií, byla správná lateralizace pomocí ^1H MRS určena u 19 z 21 pacientů s TLE, ale pouze u 4 ze 7 nemocných s epilepsií frontálního laloku (12).

V jiné studii bylo dosaženo správné lateralizace u 50% jedinců s frontální epilepsií (8). Publikované nálezy potvrzují skutečnost, že identifikace epileptického ložiska je u pacientů s extratemporální epilepsií mnohem náročnější a dá se říci, že využití ^1H MRS u těchto jedinců je přímo úměrné metodologickému zdokonalení spektroskopických zobrazovacích technik (především zdokonalení vícesegmentových nebo 3D zobrazovacích technologií).

Navzdory limitacím, které se vyskytují především u nelezionálních extratemporálních epilepsií, je MRS užitečná při hodnocení jiných fokálních epilepsií, které jsou spojeny se strukturální patologií. Skupina korových dysgenezí patří k vůbec nejčastějším příčinám farmakorezistentní epilepsie, a to nejenom u dětí, ale i u dospělých. Intraktabilita je udávána u cca 65% pacientů. Procesy buněčné proliferace, migrace a následné synaptogeneze mohou být v kterékoli fázi porušeny a výsledkem jsou pak patologie označované jako poruchy neuronální migrace, kortikální dysplázie či nejlépe jako malformace kortikálního vývoje (MCD). Škála MCD je velmi široká a z klinického hlediska je jim společný vysoký epileptogenní potenciál.

Li ve své studii demonstroval, že různé typy MCD vykazují odlišné hodnoty NAA (15). U fokální kortikální dysplázie byl relativní signál NAA velmi nízký. U polymikrogyrií byly hodnoty NAA normální nebo jen lehce abnormní. Heterotopii představují shluky vyzrálých buněk šedé hmoty, které v průběhu migrace „zamrzly“ na cestě mezi germinální matrix a kortexem. Vzhledem k vysokému počtu neuronů a předpokládanému normálnímu metabolismu, by se dal očekávat relativní vzestup signálu NAA. Nicméně ¹H MRS prokázala u pacientů s heterotopii normální nebo jen slabě snížené hodnoty NAA. Vzestup NAA byl později vzácně referován u dvou pacientů s bilaterální heterotopii šedé hmoty.

V jiné studii, kde byli pacienti vyšetřeni na MR přístroji s magnetickým polem 4.1 T, byly uvedeny signifikantně abnormní metabolické nálezy u pacientů s fokální kortikální dysplázií, které korelovaly s oblastí léze, zatímco pacienti s heterotopii a polymikrogyrií MRS změny nevykazovaly (13). Navíc byla zjištěna signifikantní korelace mezi metabolickým nálezem a frekvencí záchvatů, ale mezi počtem

interiktálních EEG výbojů tato korelace nalezena nebyla. U pacientů, kteří podstoupili operační výkon, se nenašla signifikantní závislost mezi úbytkem neuronů a mírou metabolického postižení.

Referované metabolické změny jsou u pacientů s MCD variabilní a nejčastěji se týkají hodnot koncentrací NAA a Cr, které odrážejí strukturální změny, neuronální dysfunkci a alteraci v energetickém metabolismu. Tyto změny jsou pravděpodobně spojeny s komplexními buněčnými pochody a je možné, že také s frekvencí záchvatů a se současně probíhajícími epileptogenními procesy. Nicméně studie neuspěly ve snaze prokázat korelaci mezi ¹H MRS nálezy a rozsahem patologického EEG nálezu. Zdá se, že odlišné hodnoty NAA signálu tedy spíše odrážejí rozdíly mezi jednotlivými MCD skupinami.

¹H MRS u idiopatické generalizované epilepsie

Idiopatické generalizované epilepsie zahrnují podle klasifikace Mezinárodní ligy proti epilepsii několik syndromů. Mezi nejčastější z nich patří; dětská epilepsie s absencemi (CAE), juvenilní myoklonická epilepsie (JME), juvenilní epilepsie s absencemi (JAE) a epilepsie s generalizovanými tonicko-klonickými záchvaty po probuzení (GMA). Přesný mechanismus vzniku generalizovaných záchvatů není doposud plně objasněn, ovšem obecně uznávaným názorem je, že tyto paroxysmy jsou výsledkem patologických oscilací v thalamo-kortikálních okruzích, a že důležitou strukturou, která se podílí na patologii specifických EEG výbojů a vzniku záchvatů je thalamus. V nedávné době publikované MRS studie skutečně prokázaly neurochemické změny v thalamické oblasti. Data z thalamu získaná SVS metodou, prokazují snížení NAA u pacientů s JME

a s generalizovanými tonicko-klonickými záchvaty (16, 17). Bernasconi, který vyšetřil thalamy metodou spektroskopického zobrazování, prokázal snížení poměru NAA/Cr u pacientů s JME a GMA ve srovnání se zdravou skupinou (3). Recentní studie, provedená na našem pracovišti, která se jako první zaměřila na vyšetření thalamů u pacientů s typickými absencemi, rovněž potvrdila snížení thalamického poměru NAA/Cr u těchto pacientů (7). Uvedené výsledky potvrzují obecný názor společné role thalamických jader v patogenezi různých syndromů idiopatických generalizovaných epilepsií. Naopak nález metabolické dysfunkce ve frontálních lalocích u pacientů s JME a nález normálních hodnot v této oblasti u pacientů s GTCS (17) poukazuje na možné rozdíly, odlišné etiopatogenetické vztahy a rozdílné zapojení anatomických struktur mezi jednotlivými typy IGE.

Závěr

Uvedený přehled demonstruje potenciální roli magnetické rezonanční spektroskopie při vyšetřování pacientů s epilepsií. Zvýšení klinického významu je patrné především v diagnostice pacientů s TLE. Neméně podstatným přínosem diskutované metody je prohloubení znalostí o biochemických a patofyziologických pochodech, jejich vzájemných vztazích a propojení v patogenezi epileptického onemocnění. Při dalším zpřesnění a zrychlení sofistikované a dynamicky se rozvíjející MRS zobrazovací technologie lze očekávat další rozšíření jejího využití v klinické epileptologické praxi.

MUDr. Dagmar Fojtíková
Centrum pro epilepsie Brno
I. neurologická klinika LF MU, FN u sv. Anny, 629 00 Brno
e-mail: dagmar.fojtikova@centrum.cz

Literatura

- Antel SB, Li LM, Cendes F, et al. Predicting surgical outcome in temporal lobe epilepsy patients using MRI and MRS. *Neurology* 2002; 58: 1505–1512.
- Bernasconi A, Tasch E, Cendes F, Li LM, Arnold DM. Proton magnetic resonance spectroscopic imaging suggests progressive neuronal damage in human temporal lobe epilepsy. *Prog Brain Res* 2002; 135: 297–304.
- Bernasconi A, Bernasconi N, Natsume J, Antel SB, Andermann F, Arnold DL. Magnetic resonance spectroscopy and imaging of the thalamus in idiopathic generalized epilepsy. *Brain* 2003; 126: 2447–2454.
- Cendes F, Caramanos Z, Andermann F, Dubeau F, Arnold DL. Proton magnetic resonance spectroscopic imaging and magnetic resonance imaging volumetry in the lateralization of temporal lobe epilepsy: a series of 100 patients. *Ann Neurol* 1997; 42: 737–746.
- Connelly A, Jackson GD, Duncan JS, MD King, DG Gadian. Magnetic resonance spectroscopy in temporal lobe epilepsy. *Neurology* 1994; 44: 1411–1417.
- Düzel E, Kaufmann J, Guderian S, et al. Measures of hippocampal volumes, diffusion and ¹H MRS metabolic abnormalities in temporal lobe epilepsy provide partially complementary information. *Eur J Neurol* 2004; 11: 195–205.
- Fojtíková D, Brázdil M, Horký J, Mikl M, Kuba R, Rektor I. Magnetic resonance spectroscopy of the thalamus in patients with typical absence epilepsy. *Seizure: European journal of epilepsy*, 2006; 15 (7): 533–540.
- García PA, Laxer KD, van der Grond J, Hugg JW, Matson GB, Weiner MW. Proton magnetic resonance spectroscopic imaging in patients with frontal lobe epilepsy. *Ann Neurol* 1995; 37 (2): 279–281.
- Holopainen IE, Valtonen ME, Komu ME, et al. Proton spectroscopy in children with epilepsy and febrile convulsions. *Pediatr Neurol* 1998; 19: 93–99.
- Hugg JW, Laxer KD, Matson GB, Maudsley AA, Weiner WM. Neuron loss localizes human temporal lobe epilepsy by in vivo proton magnetic resonance spectroscopic imaging. *Ann Neurol* 1993; 34: 788–794.
- Hsu Yuan-Yu, Chang Chen-Nen, Chu Nai-Shin, Lim Kun-Eng, Chang Chen, Hsu Jee-Ching. Lateralization and prognostic value of proton magnetic resonance spectroscopy in patients with intractable temporal lobe epilepsy. *Chang Gung Med J* 2000; 24: 768–778.
- Kikuchi S, Kubota F, Akata T, et al. A study of relationship between the seizure focus and ¹H-MRS in temporal lobe epilepsy and frontal lobe epilepsy. *Psychiatry Clin Neurosci* 2000; 54: 455–459.
- Kuzniecky R, Hetherington H, Pan J, et al. Proton spectroscopic imaging at 4.1 tesla in patients with malformations of cortical development and epilepsy. *Neurology* 1997; 48: 1018–1024.
- Kuzniecky R, Palmer Ch, Hugg J, et al. Magnetic resonance spectroscopic imaging in temporal lobe epilepsy: neuronal dysfunction or cell loss? *Arch Neurol* 2001; 58: 2048–2053.
- Li LM, Cendes F, Bastos AC, Andermann F, Dubeau F, Arnold DL. Neuronal metabolic dysfunction in patients with cortical developmental malformations: a proton magnetic resonance spectroscopic imaging study. *Neurology* 1998; 50(3): 755–759.
- Mory SB, Li LM, Carlos AM, Cendes G, Cendes F. Thalamic dysfunction in juvenile myoclonic epilepsy: A proton MRS study. *Epilepsia* 2003; 44: 1402–1405.
- Savic I, Osterman Y, Helms G. MRS shows syndrome differentiated changes in human-generalized epilepsies. *NeuroImage* 2004; 21: 163–172.
- Vermathen P, Ende G, Laxer KD, Knowlton RC, Matson GB, Weiner MW. Hippocampal N-acetylaspartate in neocortical epilepsy and mesial temporal lobe epilepsy. *Ann Neurol* 1997; 42: 194–199.
- Vermathen P, Ende G, Laxer KD, et al. Temporal lobectomy for epilepsy: Recovery of the contralateral hippocampus measured by ¹H MRS. *Neurology* 2002; 59: 633–636.
- Woermann FG, McLean MA, Bartlett PA, Parker GJ, Barker GJ, Duncan JS. Short echo time single voxel ¹H magnetic resonance spectroscopy in magnetic resonance imaging – negative temporal lobe epilepsy: different biochemical profile compared with hippocampal sclerosis. *Ann Neurol* 1999; 45: 369–376.