

Klinické využití SPECT v neurologii

doc. MUDr. Petr Marusič, Ph.D., MUDr. Kateřina Zárubová, MUDr. Aleš Tomek

Neurologická klinika 2. LF UK a FN Motol, Praha

V neurologické diagnostice se SPECT využívá pouze na specializovaných pracovištích v relativně omezeném počtu indikací, a to zejména: 1) u pacientů s farmakorezistentní epilepsií v rámci vyšetřovacího programu před epileptochirurgickým zákrokem, 2) v diferenciální diagnostice parkinsonského syndromu, 3) k posouzení funkčního stavu cévního řečiště u pacientů s uzávěrem vnitřní karotidy nebo stenózou intrakraniálních tepen.

Klíčová slova: SPECT, epilepsie, parkinsonský syndrom, cerebrovaskulární onemocnění.

Clinical use of SPECT in neurology

In neurological diagnostics, Single Photon Emission Computed Tomography (SPECT) is used only in a limited number of indications, mainly: 1) in presurgical assessment of refractory epilepsy patients, 2) in differential diagnostics of parkinsonian syndrome, 3) to assess functional cerebrovascular reserve in patients with internal carotid or intracerebral artery stenosis.

Key words: SPECT, epilepsy, parkinsonian syndrome, cerebrovascular diseases.

Neurol. praxi 2014; 15(1): 22–25

Seznam zkratek

DLB – demence s Lewyho tělisky
EC-IC – extra-intrakraniální bypass
HMPAO – hexametylpropylenaminoxim
rCBF – regionální mozkový průtok
rCP – regionální cerebrální perfuze
CVR – cerebrovaskulární rezerva
PN – Parkinsonova nemoc
SPECT – jednofotonová emisní tomografie
SISCOM – subtraction of ictal SPECT co-registered to MRI

Úvod

SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography – jednofotonová emisní tomografie) se řadí mezi funkčně-zobrazovací vyšetření, která umožňují zachytit funkční stav jednotlivých částí mozku. V neurologické diagnostice se používají různé typy radiofarmak – v indikaci epileptologické a cerebrovaskulární se používají ligandy zobrazující úroveň regionální perfuze, při diferenciální diagnostice parkinsonského syndromu se používají radioligandy s vazbou na dopaminové transportéry nebo na D2 receptory. Ačkoli se jedná o vyšetření vázaná na specializovaná pracoviště, je informace o současných možnostech a indikacích SPECT určena široké neurologické veřejnosti. Mimo jiné i proto, aby vyšetření nebylo zbytečně prováděno v případech, kdy indikované není.

SPECT v epileptologii

Funkčně-zobrazovací vyšetření mají v epileptologii význam zejména u pacientů, u nichž se uvažuje o provedení epileptochirurgického zákroku a výsledky ostatních vyšetřovacích metod neumožňují jednoznačnou lokalizaci epileptogenní zóny – oblasti, která má být odstraněna.

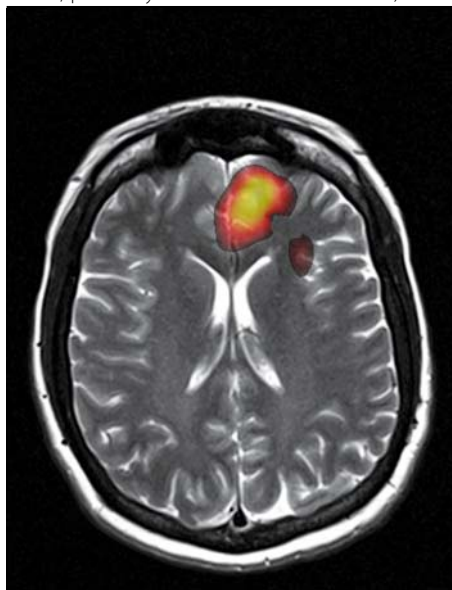
Pro stanovení regionální cerebrální perfuze (rCP) se používá jako radiofarmakum ^{99m}Tc -HMPAO (hexametylpropylenaminoxim) nebo ^{99m}Tc -bicisát (etylcyteinátdimer). Obě tyto látky se aplikují intravenózně, v mozkovém řečišti prostupují hematoencefalickou bariérou a vychytávají se v závislosti na aktuálním prokrvení jednotlivých oblastí mozku. To vše probíhá v desítkách vteřin následujících po aplikaci a obraz rCP je pak zafixován po dobu několika hodin, i když se již mezitím úroveň perfuze dále mění. Tato skutečnost umožňuje zachytit u pacientů s epilepsií nejen stav mezi záchvaty – interiktální, ale i stav při záchvatu – iktální, a může pomoci určit zónu počátku záchvatu – oblast, ze které záchvat vychází. Předpokládá se, že tato oblast se mezi záchvaty vyznačuje sníženým metabolickým obrátem a tedy i sníženou úrovní perfuze. Dále se předpokládá, že iktálně a případně časně postiktálně (tedy v průběhu záchvatu a bezprostředně desítky vteřin po jeho skončení) se oblast odpovědná za vznik záchvatu vyznačuje zvýšeným metabolismem a tedy hyperperfuzí.

Dalo by se tedy očekávat, že u pacientů s fokální epilepsií je celkem jednoduché určit pomocí SPECT oblast zodpovědnou za vznik záchvatů, postup má však četná úskalí. U interiktálního vyšetření nemusí být odchylka rCP vůbec patrná, nebo zachycuje kromě oblasti epileptogenní i oblasti jiné. Někdy může zobrazit hypoperfuzi i v oblastech zcela vzdálených v ipsilaterální nebo i v kontralaterální hemisféře (viz fenomén diaschízy v části cerebrovaskulární). Z publikovaných údajů vyplývá, že se senzitivita **interiktálního SPECT** mozku v korelaci s EEG lokalizací pohybuje kolem 60 až 70 % a je o něco vyšší u temporálních epilepsií. Při vyšetření interiktálním je u pacien-

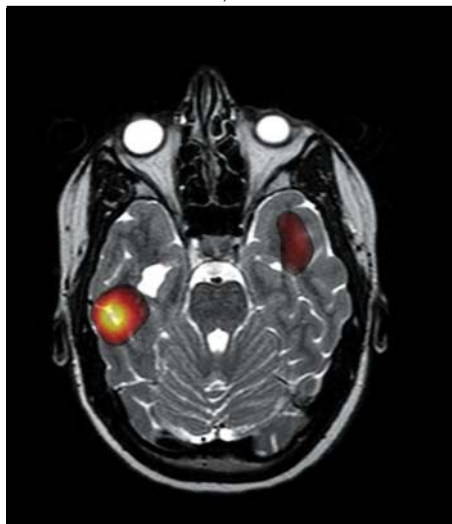
tů s temporální epilepsií nejčastějším nálezem hypoperfuze celého temporálního laloku s maximem anteromediálně (cca 50–80 % pacientů). Hypoperfuze pak může zasahovat i extratemporálně do ipsilaterální fronto-orbitální oblasti, méně často i do dalších částí frontálního laloku anebo je v některých případech nález hypoperfuze bitemporálně. Výjimečně může interiktální nález u pacientů s epilepsií temporálního laloku i falešně lateralizovat. U pacientů s extratemporální nelezionální epilepsií je interiktální SPECT sám o sobě jen výjimečně přínosný pro lokalizaci epileptogenní zóny – ve většině případů se provádí jako vyšetření pro porovnání s aplikací iktální.

Iktální SPECT je ve srovnání s interiktální metodou s vysokou senzitivitou (90 %) i specifitou (80 %). Z hlediska technického provedení však jde o metodu velmi náročnou – vyžaduje aplikaci radiofarmaka co nejdříve po začátku záchvatu a čas aplikace může ovlivnit zcela zásadně výsledek vyšetření. Vlastní aplikace se provádí na video-EEG monitorovací jednotce, je dokumentována a analyzována při následné interpretaci výsledku. Pokud není frekvence záchvatů dostatečně vysoká, musí být tyto provokovány vysazením terapie. Navíc je nutné „načasovat“ záchvat do doby, kdy je připravené radiofarmakum k dispozici. To představuje jeden z hlavních technických faktorů limitujících využití této metody. Radiofarmakum připravené k aplikaci je totiž stabilní pouze několik hodin – u stabilizovaného ^{99m}Tc -HMPAO maximálně 5 hodin, ^{99m}Tc -bicisát umožňuje aplikaci až do 8 hodin od jeho připravení – bohužel není tato látka v současné době v ČR dostupná. Obraz rCP je po aplikaci „zafixován“ po dobu několika hodin a jeho nasnímání na oddělení nukleární medicíny tak může být provedeno s latencí až několika

Obrázek 1. SISCOM u pacientky s MR-neleziózní farmakorezistentní epilepsií s hypermotorickými záchvaty. Maximum iktální hyperperfuze v levé prefrontální oblasti (SISCOM Ing. Šanda – KZM FN Motol, podklady z archivu KNME FN Motol)



Obrázek 2. SISCOM u pacientky s rozsáhlou komplexní vývojovou kortikální malformací v oblasti pravého temporálního a méně okcipitálního laloku. Maximum iktální hyperperfuze vpravo temporálně laterobazálně, méně výrazná hyperperfuze v levém temporálním laloku je odrazem propagace záchvatu kontralaterálně. Vyšetření umožnilo cíleně naplánovat explorační pomoci intrakraniálních elektrod (SISCOM Ing. Šanda – KZM FN Motol, podklady z archivu KNME FN Motol)



hodin od vlastní aplikace. V této fázi je předpokladem úspěšného dokončení vyšetření, aby pacient již neměl žádný záchvat a vydržel během snímání ležet v klidu cca 45 minut. U temporálních epilepsií jsou záchvaty většinou delší, a proto i časná aplikace postiktální může zachytit hyperperfuzi v temporálním laloku odkud záchvat vycházel. U záchvatů extratemporálních dochází k podstatně rychlejšímu šíření do okolí i do vzdálenějších částí mozku, radiofarmakum by se tedy mělo aplikovat pokud možno do několika sekund od začátku záchvatu.

U záchvatů trvajících do 20 sekund pak technicky nelze iktální obraz rCP získat.

Iktální obraz rCP je porovnán s obrazem interiktálním, většinou pomocí digitální subtrahce obou obrazů. Interiktální obraz může totiž vykazovat různé rozsáhlé oblasti hypoperfuze až defekty perfuze v oblasti epileptogenní léze a interpretace nálezu iktálního bez znalosti tohoto výsledku často prakticky nemožná. Výsledný odečet může být znázorněn v řezech, může být superponován na ideální topografickou mapu mozku, nebo se v ideálním případě superponuje na MRI obrazy konkrétního vyšetřovaného pacienta, což umožní přesnější identifikaci anatomických struktur vykazujících hyperperfuzi (**SISCOM** – Subtraction of Ictal SPECT CO-registered to MRI) (obrázky 1 a 2). Novou metodikou pro znázornění výsledku iktálního SPECT je jeho porovnání s normativními daty pomocí statistického parametrického mapování (STATISCOM).

Důležitá je strážlivá **interpretace nálezu** s přihlédnutím k časovému odstupu aplikace od skutečného začátku záchvatu. Hyperperfuze bude pravděpodobně podstatně méně ohraničená na pouhou epileptogenní zónu v případě, že se již záchvatová aktivita rozšířila do okolí nebo v některých případech i do zcela vzdálených oblastí mozku. Iktální SPECT je vyšetřením, které pomáhá určit zónu počátku záchvatu. Je nutné jej vždy hodnotit v kontextu k iktálnímu EEG nálezu i obrazu behaviorálnímu. Iktální SPECT má oproti EEG dokonalejší rozlišení v prostoru, ale velmi nepřesné rozlišení v čase. Nevýhodou této metody je, že nezobrazí pouze zónu počátku záchvatu, ale i oblasti, do kterých se záchvat následně šíří. Po aplikaci trvá cca 15 sekund, než se radiofarmakum dostane do mozku a následně ještě 40 sekund se zde vychytává dle průměrné úrovně perfuze v tomto období. Důležitým omezením této metody je i fakt, že se zobrazí pouze ten záchvat, při kterém bylo radiofarmakum aplikováno.

Iktální SPECT se v předoperačním vyšetřovacím epileptochirurgickém programu využívá zejména v následujících případech:

- výsledek iktální rCP stran lateralizace a lokalizace epileptogenní zóny potvrdí výsledky ostatních vyšetření a není pak nutné přistoupit k invazivnímu vyšetření (zejména u pacientů s epilepsií temporálního laloku)
- výsledek iktální rCP pomůže cíleněji naplánovat rozložení intrakraniálních elektrod, zejména u epilepsií MR-neleziózních (obrázek 1)
- v některých případech je strukturální léze podmiňující epilepsii příliš rozsáhlá a je nutné upřesnit, ze které její části/okraje záchvaty vycházejí (obrázek 2)

- u některých pacientů pak mohou být zobrazeny na MRI mnohočetné léze a snažíme se identifikovat tu, která je epileptogenní; v těchto případech pak obraz iktální rCP pomáhá cíleně naplánovat rozmístění elektrod pro invazivní monitorování, výjimečně může podpořit rozhodnutí o výkonu bez invazivního monitorování

Extrapyramidová onemocnění

V oblasti extrapyramidových poruch může vyšetření SPECT pomoci upřesnit diagnózu v některých nejasných či atypických případech parkinsonského syndromu. Princip metody je založen na funkčním zobrazení pre- nebo postsynaptické části dopaminergního systému.

Látkou pro **presynaptické zobrazení** je např. ^{123}I -FP-CIT (ioflupan, **DaTSCAN**®), což je analog kokainu značený radioaktivním jódem. Při vyšetření presynaptické části dopaminergního systému se radioligand váže na dopaminové transportéry, které jsou umístěny na membráně presynaptických zakončení nigrostriatálních dopaminergních neuronů v kaudatu a v putamen – jejich hustota je tedy ukazatelem jejich počtu a funkčního stavu.

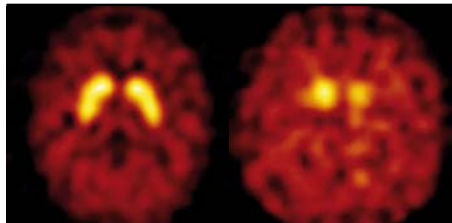
Před vyšetřením je nutné na dostatečně dlouhou dobu (většinou na dobu pěti biologických poločasů) vysadit léky interferující s vazbou radioligandu na dopaminové transportéry – psychostimulancia a anorektika (kokain nebo amfetamin a jejich deriváty, metylfenidát, mazindol, fentermin), dále anticholinergika (např. biperiden) a antidepresiva (zejména bupropion a sertralin, ale doporučuje se přerušit léčbu i dalšími léky ze skupiny SSRI nebo tricyklickými antidepresivy).

Nález u Parkinsonovy nemoci (PN) je patologický – dochází ke snížení striatální akumulace radiofarmaka. Obdobně abnormní je ale nález také u tzv. „Parkinson plus“ onemocnění, mezi něž se řadí multisystémová atrofie, progresivní supranukleární paralýza a kortikobazální degenerace. U pacientů s esenciálním tremorem a s vaskulárním nebo polékovým parkinsonským syndromem je nález v normě.

Zobrazení presynaptického dopaminergního systému je tedy možné **v nejasných diferenciálně-diagnostických případech**, např.:

- v časných stádiích PN s neúplně nebo atypicky vyjádřenými příznaky
- při nejednoznačné nebo nezjistitelné odpovědi typických příznaků na dopaminergní léčbu
- pro odlišení počínající tremor-dominantní formy PN a atypického esenciálního tremoru,
- pro odlišení PN a vaskulárního nebo polékového parkinsonského syndromu (pokud nelze odlišit z klinického vyšetření)

Obrázek 3. Zobrazení presynaptické části dopaminergního systému pomocí radioligandu, který se váže na dopaminové transportéry (DaTSCAN®). Vlevo normální nálezy u zdravého jedince se symetrickou distribucí v oblasti striata. Vpravo nálezy u pacienta s Parkinsonovou nemocí s výrazným snížením distribuce radiofarmaka zejména v oblasti putamen (mírně asymetricky). (snímky z archivu KNME FN Motol)



Vyšetření je dále využitelné v diferenciální diagnostice demence s Lewyho tělísky (DLB), u níž je nálezy patologický, zatímco u Alzheimerovy nemoci a ostatních non-DLB demencí je nálezy normální.

Zobrazení postsynaptické části dopaminergního systému je založeno na zobrazení receptorů typu D2 umístěných na membráně postsynaptických dopaminergních neuronů ve striatu, na něž se váže radioaktivní ligand ^{123}I -BZM (jodbenzamid). U PN tyto receptory zůstávají nepoškozené – nálezy je normální, což je zásadní rozdíl oproti ostatním neurodegenerativním onemocněním („Parkinson plus“) a sekundárnímu parkinsonskému syndromu, kdy je nálezy patologický.

Před vyšetřením je nutné vysadit léky interferující s vazbou radioligandu na dopaminové receptory typu D2 – neuroleptika klasická (haloperidol, chlorpromazin, levopromazin, flufenazin, chlorprotixen, fluspirilen, aj.) i atypická (sulpirid, risperidon, olanzapin, quetiapin), dále kalciové blokátory, které působí jako antagonisté dopaminových receptorů (cinarizin, flunarizin, verapamil). Na dobu 12 až 24 hodin je nutné přerušit léčbu levodopou, agonisty dopaminových receptorů (apomorfin, lisurid, pramipexol, ropinirol, rotigotin) i nepřímo působícími dopaminergními látkami (amantadin, selegilin, aj.)

Hodnocení nálezů je u obou metod podobné – buď kvalitativní (vizuální) podle úrovně akumulace radiofarmaka ve striatu, nebo semikvantitativní určením poměru striatální a extrastriatální aktivity.

Obecně je nutné zdůraznit, že i když v některých případech může SPECT zobrazení dopaminergního systému pomoci v diferenciální diagnostice, nelze tuto metodiku používat namísto klinického vyšetření.

Cerebrovaskulární onemocnění

SPECT byl poprvé použit v diagnostice cerebrovaskulárních onemocnění počátkem 80. let

minulého století, kdy díky tehdejší technice omezením prvních CT přístrojů ukazoval přesněji oblast akutní ischemie. Historicky byl zejména využíván k diagnostice rozsahu a tíže mozkového infarktu, indikaci i. v. trombolýzy a k predikci výsledného stavu pacienta.

Ze studií využívajících SPECT vyplynuly i zajímavé **patofyziologické charakteristiky vývoje ischemického ložiska** a byly identifikovány jednotlivé fáze perfuze v takovém ložisku:

- akutní fáze hypoperfúze (první 3 dny) – koreluje s tíží neurologického deficitu a predikuje výsledný funkční stav, její velikost je většinou rozsáhlejší než léze zobrazená na CT nebo MR
- subakutní fáze (3 dny až 2 týdny) – rCBF v tkáni infarktu postupně narůstá – SPECT vykazuje hypo-normo-hyperperfúzi, zvýšení bývá udáváno o 59–108 % i u pacientů, kteří mají na CT/MR prokázaný rozsáhlý infarkt. Subakutní deficity již nekorelují s výsledným klinickým stavem ani s tíží postižení, odpovídají fázi luxusní perfúze. Ta je vysvětlována jako kombinace postižené lokální mozkové autoregulační a vazodilatační způsobené metabolickou acidózou ložiska – na PET je zobrazován nepoměr mezi zvýšeným rCBF a poklesem regionálního metabolismu a sníženou extrakční frakcí kyslíku
- chronická fáze (po 2–3 měsících) – rCBF v místě infarktu opět klesá ke stavu v momentu akutního infarktu a koreluje s tíží postižení a výsledným klinickým stavem, někdy může zahrnovat i přilehlé strukturálně nepostižené regiony mozku

Dalším zajímavým poznatkem ze SPECT studií u pacientů po CMP je potvrzení konceptu diaschízy, který popsal již v roce 1914 švýcarsko-ruský neurolog Constantin von Monakow. Diaschíza (diaschisis) je jev, kdy dochází k funkční

deaktivaci nepoškozené mozkové tkáně, která je sice vzdálená, ale spojená drahami s místem strukturálního poškození.

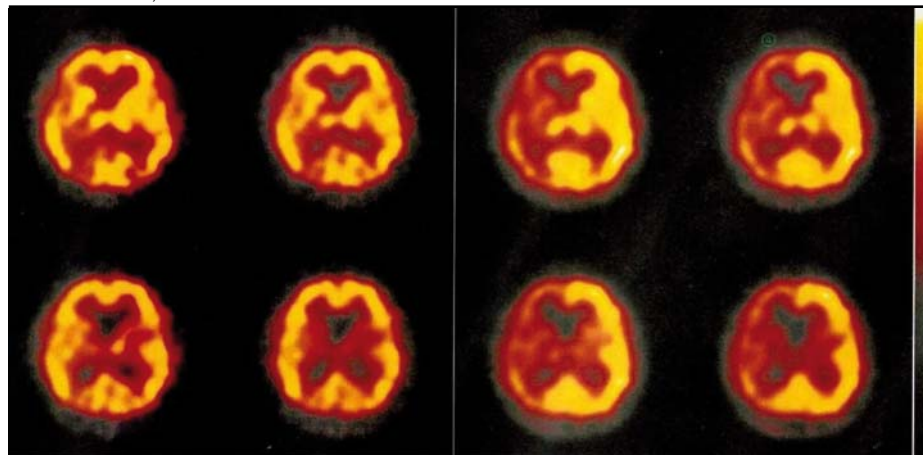
SPECT se v diagnostice cerebrovaskulárních onemocnění prováděl se dvěma radiofarmaky: $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -bicisátem a $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -bicisát odráží přesněji regionální mozkový průtok (rCBF) než $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO, ale není v současnosti dostupný. Při použití $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO dochází k fokální hyperfixaci radionuklidu v zónách luxusní perfúze, což způsobuje nadměrně vysoké odhady rCBF během subakutní fáze ischemické CMP.

Vzhledem k rozvoji dostupnějších metod perfúzního CT a MR zobrazení ustoupil SPECT zejména v indikaci akutní ischemické CMP do pozadí a není součástí doporučených postupů. Stále ale existují situace, kdy je toto vyšetření pro zhodnocení cévního mozkového řečiště a pro stanovení dalšího postupu přínosné.

Okluze karotidy

Asi nejvíce rozšířenou cerebrovaskulární indikací je zátěžový SPECT k vyšetření pacientů s okluzí karotidy. Cílem je zhodnotit funkčnost kolaterálního zásobení v povodí uzavřené karotidy. Stanovujeme tzv. cerebrovaskulární rezervu (CVR), kdy hodnotíme stav autoregulační mozkového řečiště – tj. schopnost dilatovat arterioly a zvýšit mozkovou perfúzi po vazodilatačním podnětu. Pro účely vyšetření jsou provedena dvě SPECT vyšetření s odstupem 24 až 48 hodin – jedno nativní a druhé s podáním vazodilatačního podnětu. Jako podnět je používán i.v. bolus 1 g acetazolamidu (Diamox®, v ČR sice není registrován, lze ale objednat formou mimořádného dovozu) nebo inhalace CO_2 . Klíčové je provést vyšetření s odstupem nejméně 12 týdnů po prodělané CMP při okluzi karotidy – ve fázi definitivní konsolidace kolaterálního oběhu.

Obrázek 4. Zátěžový SPECT u pacienta s okluzí pravé vnitřní karotidy. Vlevo nativní vyšetření s téměř symetrickou perfúzí obou hemisfér. Vpravo rozsáhlá hypoperfúze v pravé hemisféře po podání vazodilatačního podnětu (acetazolamid i.v.) – obraz vyčerpané cerebrovaskulární rezervy (snímky z archivu KNME FN Motol)



Pokud v této době prokážeme vyčerpanou CVR, pak můžeme zvážit indikaci provedení extra-intrakraniálního (EC-IC) bypassu. Tato operace se stala po publikování výsledků studie COSS (Powers et al., 2011) poněkud kontroverzní – z klinických studií chybí dostatečné důkazy pro její účinnost. Na druhou stranu ale existují klinické důkazy pro vyšší pravděpodobnost TIA/CMP při vyčerpané CVR. Na našem pracovišti indikujeme výkon u nejrizikovějších pacientů s okluzí karotidy, kteří mají vyčerpanou CVR i po 3 měsících a navíc prodělávají recidivu CMP/TIA. I když nezvažujeme indikaci EC-IC bypassu, je zátěžový SPECT dobře informativním vyšetřením pro určení individuálního rizika u pacientů s okluzí. Při nálezu vyčerpané CVR důrazněji doporučujeme dodržování režimových opatření – dostatečná hydratace a zvýšená opatrnost v potenciálních rizikových situacích, kdy hrozí výraznější hypotenze (anestezie při operacích, nastavení antihypertenzní medikace apod.).

Stenózy intrakraniálních tepen

Po negativních výsledcích recentní studie SAMMPRIS (Chimowitz et al., 2011), která hodnotila přínos stentování u pacientů s významnou (> 70%) intrakraniální stenózou, nabízí právě SPECT možnost lepší selekce pacientů k výkonu. V uvedených studiích byli všichni pacienti konzervativně léčeni (duální antiagregace – 325 mg kyseliny acetylsalicylové + 75 mg clopidogrelu, cílové LDL pod 1,8 mmol/l, normotenze, korekce diabetu a režimová opatření) a byli randomizováni na dvě skupiny (provedení nebo neprovedení endovaskulární léčby). Výsledkem byl poněkud překvapivý vyšší výskyt CMP a úmrtí u skupiny s endovaskulární léčbou (20,0% vs. 12,2%/1 rok, $p = 0,009$) daný zejména periprocedurálními komplikacemi výkonu, v dalším sledování byly obě metody srovnatelné. I přes agresivní konzervativní léčbu patří intrakraniální stenóza k nejrizikovějším příčinám ischemické CMP. Do

budoucnosti bude snaha lépe selektovat pacienty pro preventivní endovaskulární léčbu, byť je tato sama o sobě potenciálně rizikovou. Zátěžový SPECT nabízí možnost identifikovat pacienty s vyčerpanou CVR, u kterých by měla být endovaskulární léčba zvažována.

Výše uvedené indikace představují nejčastější možnosti využití SPECT u neurologických chorob, tento výčet ale není samozřejmě zcela vyčerpávající. Podle recentně publikovaných prací lze toto vyšetření využít např. i k odlišení Alzheimerovy nemoci a frontotemporální demence, nebo k časné predikci konverze mírné kognitivní poruchy do Alzheimerovy nemoci.

Práce byla podpořena MZ ČR – RVO,

FN Motol 00064203

Literatura

1. Benamer HT, Patterson J, Wyper DJ, Hadley DM, Macphie GJ, Grosset DG. Correlation of Parkinson's disease severity and duration with (23 I) FP-CIT SPECT striatal uptake. *Mov Disord* 2000; 15(4): 692–698.
2. Booij J, Speelman JD, Horstink MW, Wolters EC. The clinical benefit of imaging dopamine transporters with 123 I-FP-CIT in differentiating patients with presynaptic parkinsonism from those other forms of parkinsonism. *Eur J Nucl Med* 2001; 28(3): 266–272.
3. Contrafatto D, Mostile G, Nicoletti A, Dibilio V, Raciti L, Lanzafame S, Luca A, Distefano A, Zappia M. [123 I] FP-CIT-SPECT asymmetry index to differentiate Parkinson's disease from vascular parkinsonism. *Acta Neurol Scand* 2012; 126(1): 12–16.
4. Desai A, Bekelis K, Thadani VM, Roberts DW, Jobst BC, Duhaime AC, Gilbert K, Darcey TM, Studholme C, Siegel A. Interictal PET and ictal subtraction SPECT: sensitivity in the detection of seizure foci in patients with medically intractable epilepsy. *Epilepsia* 2013; 54(2): 341–350.
5. Ho SS, Berkovic SF, Berlangieri SU, Newton MR, Egan GF, Tochon-Danguy HJ, McKay WJ. Comparison of ictal SPECT and interictal PET in the presurgical evaluation of temporal lobe epilepsy. *Annals of Neurology* 1995; 37(6): 738–745.
6. Chimowitz MI, Lynn MJ, Derdeyn CP, Turan TN, Fiorella D, Lane BF, Janis LS, Lutsep HL, Barnwell SL, Waters MF, Hoh BL, Hourihane JM, Levy EI, Alexandrov AV, Harrigan MR, Chiu D, Klucznik RP, Clark JM, McDougall CG, Johnson MD, Pride GL Jr, Torbey MT, Zaidat OO, Rumboldt Z, Cloft HJ; SAMMPRIS Trial Investigators. Stenting versus Aggressive Medical Therapy for Intracranial Arterial Stenosis. *N Engl J Med* 2011; 365(11): 993–1003.

7. Kapucu OL, Nobili F, Varrone A, Booij J, Vander Borgh T, Năgren K, Darcourt J, Tatsch K, Van Laere KJ. EANM procedure guideline for brain perfusion SPECT using 99m Tc-labelled radiopharmaceuticals, version 2. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2009; 36(12): 2093–2102.

8. Kazemi NJ, Worrell GA, Stead SM, Brinkmann BH, Mullan BP, O'Brien TJ, So EL. Ictal SPECT statistical parametric mapping in temporal lobe epilepsy surgery. *Neurology* 2010; 74(1): 70–76.

9. Kim YJ, Ichise M, Ballinger JR, Vines D, Erami SS, Tatschida T, Lang AE. Combination of dopamine transporter and D2 receptor SPECT in the diagnostic evaluation of PD, MSA and PSP. *Mov Disord* 2002; 17(2): 303–312.

10. Kudr M, Krsek P, Marusic P, Tomasek M, Trnka J, Michalova K, Jaruskova M, Sanda J, Kyncl M, Zamecnik J, Rybar J, Jahodova A, Mohapl M, Komarek V, Tichy M. SISCOM and FDG-PET in patients with non-lesional extratemporal epilepsy: correlation with intracranial EEG, histology, and seizure outcome. *Epileptic Disord* 2013; 15(1): 3–13.

11. Marusič P, Vojtěch Z, Brázdil M, Kršek P. Funkční zobrazovací metody (SPECT, PET, MRS, fMRI). In: Brázdil M, Hadač J, Marusič P (Eds.). *Farmakorezistentní epilepsie*. Stanislav Juháňák – Triton, 2011: 125–141.

12. Newton MR, Berkovic SF, Austin MC, Rowe CC, McKay WJ, Bladin PF. SPECT in the localisation of extratemporal and temporal seizure foci. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1995; 59(1): 26–30.

13. Powers WJ, Clarke WR, Grubb RL Jr, Videen TO, Adams HP Jr, Derdeyn CP; COSS Investigators. Extracranial-intracranial bypass surgery for stroke prevention in hemodynamic cerebral ischemia: the Carotid Occlusion Surgery Study randomized trial. *JAMA* 2011; 306(18): 1983–1992.

14. Šroubek J, Kovář M, Tomek A, Plný R, Vymazal J. Extra-intrakraniální bypass při uzávěru arteria carotis interna. *Neurol. pro praxi* 2010; 11(1): 45–49.

15. Van Paesschen W. Ictal SPECT. *Epilepsia* 2004; 45 Suppl 4: 35–40.

16. Yeo JM, Lim X, Khan Z, Pal S. Systematic review of the diagnostic utility of SPECT imaging in dementia. *Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci*. 2013 Aug 6. [Epub ahead of print].

17. Zárubová K, Růžička E, Roth J, Kupka K, Křížová H, Lang O, Bojar M. DaTSCAN in differential diagnosis of parkinsonian syndromes. *Homeostasis* 2001; 41: 144–146.

Článek doručen redakci: 4. 8. 2013

Článek přijat k publikaci: 17. 10. 2013

doc. MUDr. Petr Marusič, Ph.D.

Neurologická klinika 2. LF UK a FN Motol
V Úvalu 84, 150 06 Praha 5
petr.marusic@fnmotol.cz

