

Radionuklidinės kompiuterinės tomografijos ir pozitronų emisinės tomografijos reikšmė gliolinių galvos smegenų navikų diagnostikai

D. Šilkūnas*

N. Jurkienė**

V. Deltuva***

G. Škudas*

A. Matukevičius***

K. Skauminas***

A. Tamašauskas***

**Neurochirurgijos klinika,
KMUK, Kaunas, Lietuva*

***Branduolinės medicinos skyrius,
KMUK, Kaunas, Lietuva*

****Neurochirurgijos klinika,
KMUK, Kaunas, Lietuva;
KMU Biomedicininų tyrimų
institutas, Neuromokslų
laboratorija*

Santrauka. Centrinės nervų sistemos gliomos yra pirminiai neuroepiteliniai navikai, kilę iš smegenų glijos ląstelių. Aukšto piktybiškumo laipsnio gliomos pasižymi greitu recidyvavimu net ir po kompleksinio gydymo, tuo tarpu žemo piktybiškumo laipsnio gliomos gali histologiškai progresuoti. Tikslus ir laiku atliktas gliomų recidyvo diagnozavimas bei rediferenciacijos nustatymas gali pagerinti gydymo rezultatus ir ligos prognozę, todėl šiam tikslui pasiekti yra labai svarbūs radionuklidiniai tyrimo metodai. Tai – fotonų emisinė kompiuterinė tomografija (RKT, angl. SPECT) bei pozitronų emisinė tomografija (PET). Radionuklidinių tyrimų pagrindinis objektas – organų, organų dalies, ląstelių fiziologija, todėl šiais tyrimais gali būti įvertintos navikinio audinio savybės. Dažniausi RKT radioindikatoriai, naudojami tiriant gliolinius galvos smegenų navikus, yra ²⁰¹Tl, MIBI, IMT, HMPAO. Tuo tarpu PET, tiriant gliolinius navikus, dažniausiai naudojami FDG, MET, TYR bei FET radioindikatoriai. Pagrindinės SPECT ir PET tyrimų indikacijos pacientams, sergantiems galvos smegenų glioliniais navikais, yra gliolinio naviko piktybiškumo laipsnio ir prognozės nustatymas, pospindulinės nekrozės ir navikinio audinio diferenciacijos įvertinimas, naviko recidyvo diagnostika, naviko lokalizacijos patikslinimas prieš biopsiją, gydymo monitoravimas. Funkciniai neinvaziniai radiologiniai galvos smegenų tyrimai nenaudojami kaip pirmo pasirinkimo diagnostiniai tyrimai ligoniams, sergantiems glioliniais galvos smegenų navikais. Tačiau jie nepakeičiami, kai įprastiniai tyrimo metodai neuroonkologijoje neduoda reikalingos informacijos ar yra nepakankamai jautrūs.

Raktažodžiai: radionuklidinė kompiuterinė tomografija (RKT), pozitronų emisinė tomografija (PET), radioindikatoriai, glioliniai navikai.

Neurologijos seminarai 2007; 11(31): 6–10

ĮVADAS

Centrinės nervų sistemos gliomos yra pirminiai neuroepiteliniai navikai, kilę iš smegenų glijos ląstelių. Įvairių epidemiologinių studijų duomenimis, gliomos sudaro nuo 45% iki 55% visų galvos smegenų navikų. Aukšto piktybiškumo laipsnio gliomos pasižymi greitu recidyvavimu net ir po kompleksinio gydymo, tuo tarpu žemo piktybiškumo laipsnio gliomos gali histologiškai progresuoti. Tikslus ir laiku atliktas gliomų recidyvo diagnozavimas bei rediferenciacijos nustatymas gali pagerinti gydymo rezultatus ir ligos prognozę, todėl šiam tikslui pasiekti yra labai svarbūs radionuklidiniai tyrimo metodai.

Adresas:

*D. Šilkūnas
KMUK Neurochirurgijos klinika
Eivenių g. 2, LT-50161 Kaunas
Tel. 8 685 57992, el. paštas: silkas@gmail.com*

Pagrindiniai anatominiai neinvaziniai radiologiniai galvos smegenų tyrimai yra kompiuterinė tomografija (KT) bei magnetinio rezonanso tyrimas (MRT). KT ir MRT tyrimai yra neabejotinai pirmaujantys tyrimo metodai, diagnozuojant galvos smegenų navikus, nes įgalina pamatyti smulkiausias anatominius pakitimus, nustato jų dydį, aplinkinių audinių pakitimus bei santykį su kitomis anatominėmis struktūromis. Nors galvos MRT – vienas iš informatyviausių galvos smegenų navikų tyrimų, dažnai šio tyrimo metu sunku nustatyti svarius skirtumus tarp žemo piktybiškumo laipsnio gliomos augimo ir uždegiminės reakcijos, smegenų paburkimo ar reaktyvinių pokyčių, ypač po gydymo [1, 2]. Taip pat MRT vaizduose negalima tiksliai atskirti naviko recidyvo nuo ankstyvos ar vėlyvos poradiacinės nekrozės. Šių trūkumų išvengti padeda funkciniai neinvaziniai radiologiniai galvos smegenų tyrimai. Tai – fotonų emisinė kompiuterinė tomografija (RKT, angl. SPECT) bei pozitronų emisinė tomografija (PET).

1 lentelė. RKT (SPECT) ir PET radiofarmakologiniai preparatai, dažniausiai naudojami tiriant galvos smegenis.

Radioindikatorius	Akronimas	Pritaikymas	Metodas
²⁰¹ Talio chloridas	²⁰¹ Tl	Metabolizmas	RKT
(¹²³ I) jodoalfametiltirozinas	IMT	Amino rūgščių transportas	RKT
(^{99m} Tc) metoksisobutil-izonitratas	MIBI	Metabolizmas, rezistencija vaistams	RKT
(^{99m} Tc) Heksametilpropileno-amino oksimas	HMPAO	Perfuzija	RKT
(^{99m} Tc) Etil cisteinato chimeras	ECD	Perfuzija	RKT
(¹⁸ F) Fluorodeoksigliukozė	FDG	Gliukozės metabolizmas	PET
(¹¹ C) Metioninas	MET	Amino rūgščių transportas	PET
(¹¹ C) Tirozinas	TYR	Amino rūgščių transportas	PET
(¹⁸ F) Fluoroetiltirozinas	FET	Amino rūgščių transportas	PET

RKT IR PET TYRIMŲ PRINCIPAI

Radionuklidinių tyrimų pagrindinis objektas – organų, organų dalies, ląstelių fiziologija, todėl šiais tyrimais gali būti įvertintos navikinio audinio savybės. RKT ir PET tyrimai turi skirtumų. RKT (SPECT) vaizdams gauti naudojami radiofarmakologiniai preparatai, kurie yra cheminio preparato (tai gali būti mediatorius katijonas, antikūnai ir t. t.) ir mažo energetinio galingumo bei trumpo pusperiodžio radioaktyvaus nuklido (dažniausiai naudojami spinduliai (^{99m}Tc, ¹²³I, ¹¹¹In)) junginys, kuris susitelkia normaliose ar patologiškai pakitusiose struktūrose. Radioaktyviųjų nuklidų išspinduliuoti fotonai registruojami rotacine gama kamera, atlikus rekonstrukcijas gaunami tomografiniai vaizdai, kurie atspindi radiofarmakologinio preparato susikaupimą, pasiskirstymą ar išsiskyrimą. PET vaizdams gauti naudojami nestabilius atomus turintys trumpo skilimo pusperiodžio radionuklidai (¹⁸F, ¹¹C, ¹⁵O), kurie yra ląstelės metaboliniuose procesuose dalyvaujančių medžiagų analogai, pvz., (¹⁸F) Fluorodeoksigliukozė (¹⁸FDG) yra gliukozės analogas. Šie radionuklidai skildami išskiria pozitronus, kurie, reaguodami su artimiausiu elektronu, išspinduliuoja 512 keV energijos du fotonus (šis procesas vadinamas anihilacija), kuriuos galima užregistruoti specialiais detektoriais, taip pat gauti tomografinius šių radionuklidų pasiskirstymo vaizdus [3, 4].

Labai svarbi radiofarmakologinių preparatų savybė yra ta, kad jie, kaupdamiesi ląstelėse, negali pakenkti ląstelės fiziologijai ar galvos smegenų patofiziologijai. RKT ir ypač PET tyrimai suteikia galimybę pažvelgti ne tik į ląstelinį, bet ir į molekulinį galvos smegenų funkcijų lygį.

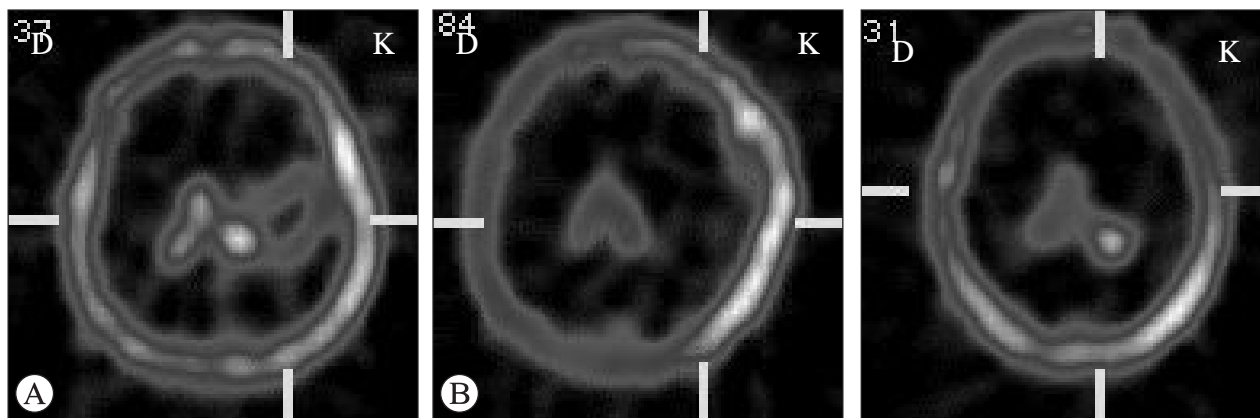
RKT IR PET RADIOINDIKATORIAI

RKT ir PET tyrimams naudojamų radioindikatorių yra skirtingi skilimo pusperiodžiai. PET preparatų skilimo pusperiodžiai yra nuo 2 min. (¹⁵O) iki 110 min. (¹⁸F), kai preparatų, naudojamų RKT tyrimams, skilimo pusperiodžiai yra ilgesni – svyruoja nuo kelių valandų (^{99m}Tc, ¹²³I) iki kelių dienų (²⁰¹Tl, ¹¹¹In, ¹³¹I). Būdinga tai, kad dėl trumpo skilimo pusperiodžio radionuklidai, kurie naudojami PET, gaminami ciklotronuose netoli gydymo įstaigos, kur

atliekamas tyrimas, nes yra transportavimo problemų. Tuo tarpu RKT tyrimui reikalingi radionuklidai yra išsigyjami jau pagaminti arba gaunami vietoje iš pramoniniu būdu paruoštų galimų transportuoti generatorių, pvz., ^{99m}Tc, kuris gaunamas iš ⁹⁹Mo generatoriaus.

RKT (SPECT) ir PET radiofarmakologiniai preparatai, dažniausiai naudojami tiriant galvos smegenis, pavaizduoti 1 lentelėje.

Ligoniams, sergantiems glialiniais galvos smegenų navikais, yra naudojama keletas RKT radiofarmpreparatų – talio chloridas-201 (²⁰¹Tl), ^{99m}Tc-techneciu žymėtas metoksisobutil-izonitratas (^{99m}Tc-MIBI), ¹²³I-jodu žymėtas jodoalfa-metyltirozinas (¹²³I-IMT). Tiriant gliolinius galvos smegenų navikus, daugiausia naudojamas ²⁰¹Tl [5]. ²⁰¹Tl kaupimasis priklauso nuo natrio / kalio siurblio sąlygoto transmembraninio potencialo pasikeitimo navikinėse ląstelėse. Jį lemia navikinių ląstelių biologinės savybės bei daugelis veiksnių, tokių kaip naviko kraujotakos ypatumai, kraujo – smegenų barjero pažeidimo lygis. Šis radioindikatorius nesitelkia I ir II astrocitomose, mažesniuose nei 1 cm navikuose bei postspindulinės nekrozės zonose [6]. Kitas RKT radiofarmpreparatas, gerai besikaupiantis glioliniuose galvos smegenų navikuose, yra ^{99m}Tc-MIBI, kurio susikaupimas navikinėse ląstelėse priklauso nuo mitochondrijų bei ląstelių membranų elektrinių potencialų. Kadangi navikinėse ląstelėse gausu mitochondrijų ir šiose ląstelėse yra didesnis transmembraninis potencialas nei normaliose ląstelėse, todėl MIBI intensyviau kaupiasi naviko ląstelėse (1 pav.). ^{99m}Tc-MIBI, kaip ir ²⁰¹Tl, nesitelkia I ir II astrocitomose, mažesniuose nei 1 cm navikuose bei postspindulinės nekrozės zonose (2 pav.). Šis radioindikatorius naudojamas vertinant aukšto piktybiškumo laipsnio gliomas [6]. Dar vieno neuroonkologijoje naudojamo RKT radioindikatoriaus ¹²³I-IMT susikaupimas priklauso nuo padidėjusios proteinų sintezės bei padidėjusio amino rūgščių kiekio gliomose. Šis radioindikatorius į naviką patenka per Na nepriklausomą L amino rūgšties transporto sistemą. ¹²³I-IMT radioindikatorius telkiasi visuose glioliniuose galvos smegenų navikuose, todėl netinkamas jų diferenciacijai. Naudojant ¹²³I-IMT, ne mažiau kaip 12 valandų prieš tyrimą, būtina blokuoti skydliaukę. Lyginant fotonų emisinėje kompiuterinėje tomografijoje naudojamą ¹²³I-IMT ir pozitronų emisinėje tomografijoje naudojamą



1 pav. A) Glioblastoma kairėje temporalinėje skiltyje prieš operaciją – MIBI kaupimas yra; B) 10 para po operacijos – MIBI kaupimo nėra.

2 pav. II astrocitoma dešinėje temporalinėje skiltyje – MIBI radioindikatoriaus kaupimo nėra.

jo analogą FDG, stebimi panašūs radiokontrastiniai vaizdai, tačiau RKT su ^{123}I -IMT tyrimo vaizduose geriau diferencijuojama naviko – smegenų riba [7]. Nors ^{123}I -IMT kaupiasi visose gliomose ir nėra nustatyta šio radioindikatoriaus kaupimo skirtumų tarp gliomų piktybiškumo laipsnių, tačiau ^{123}I -IMT kaupimasis po gliomos pašalinimo yra blogos prognozės požymis [8].

^{18}F Fluorodeoksigliukozė (^{18}F FDG), kaip gliukozės analogas, yra dažniausiai onkologijoje naudojamas PET radioindikatorius. Tačiau jis plačiau naudojamas ne neuro-onkologijoje [9, 10]. Naviko ląstelėse vyksta didesni energetiniai pokyčiai, tai lemia greitą jų augimą ir proliferaciją, o ^{18}F FDG yra smegenų ir navikų metabolizmo substratas, atspindintis gliukozės transportą ir padidėjusį izoenzimų heksokinazės aktyvumą. Hypermetabolinės smegenų gliomos, gerai matomos ^{18}F FDG PET vaizduose, yra dažniausiai aukšto piktybiškumo laipsnio navikai. Tai yra blogos prognozės požymis. Tuo tarpu hipometaboliniai galvos smegenų navikai – dažniausiai žemo piktybiškumo laipsnio gliomos. Pastarieji kartais sunkiai vizualizuojasi naudojant ^{18}F FDG [5, 11–14]. Vis dėlto ^{18}F FDG nėra ideali smegenų – navikinio audinio vizualizavimo priemonė dėl šio radioindikatoriaus aukšto fiziologinio metabolizmo pilkojoje galvos smegenų medžiagoje ir požievio branduoliuose [9, 15].

Tuo tarpu (^{11}C) metioninas (^{11}C MET) ir (^{18}F) Fluoroetil-tirozinas (^{18}F FET) yra labiau tinkami galvos smegenų navikų ir ypač žemo piktybiškumo laipsnio gliomų diagnostikai [16, 17]. Šių radioindikatorių susikaupimas priklauso

nuo padidėjusios proteinų sintezės bei padidėjusio amino rūgščių kiekio gliomose. ^{11}C MET ir ^{18}F FET į naviką patenka per Na nepriklausomą L amino rūgšties transporto sistemą. Literatūros duomenimis, PET tyrimas su ^{11}C MET labai informatyvus planuojant žemo piktybiškumo laipsnio gliomų biopsiją, nes jis parodo agresyviausią vietą, esančią navike. Taigi galima nustatyti didžiausią naviko piktybiškumo laipsnį [18]. Taip pat yra įrodyta, kad PET tyrimas, atliktas su ^{11}C MET ir ^{18}F FDG, padeda tiksliau atlikti gliomos biopsiją, nei naudojant vien tik galvos KT [19].

INDIKACIJOS GALVOS SMEGENŲ RKT IR PET TYRIMAMS LIGONIAMS, SERGANTIEMS GLIOMOMIS

Pagrindinės indikacijos RKT ir PET tyrimams pacientams, sergantiems galvos smegenų glialiniais navikais, pateiktos 2 lentelėje.

Buvo atlikta keletas studijų su 137 negydytais glialiniais navikais ir nustatyta, kad FDG, kaip diagnostinis ir prognostinis metodas, yra geresnis, nei įprastiniai tyrimų metodai gliomų piktybiškumo laipsniui nustatyti. Vis dėlto FDG nėra ideali smegenų – navikinio audinio vizualizavimo priemonė, dėl šio radioindikatoriaus aukšto fiziologinio metabolizmo pilkojoje galvos smegenų medžiagoje ir požievio branduoliuose [9, 15]. Naviko piktybiškumo laipsnį gerai atspindi ir MET bei FET [20–23], kadangi MET me-

2 lentelė. Pagrindinės indikacijos RKT ir PET tyrimams pacientams, sergantiems galvos smegenų glialiniais navikais.

Indikacija	RKT radioindikatorius	PET radioindikatorius
Glialinio naviko piktybiškumo laipsnio ir prognozės nustatymas	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI, ^{201}Tl	^{11}C MET, ^{18}F FET, ^{18}F FDG
Pospindulinės nekrozės ir navikinio audinio diferenciacijos įvertinimas	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI, ^{201}Tl , ^{123}I -IMT	^{11}C MET, ^{18}F FET
Naviko recidyvo diagnostika	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI, ^{201}Tl , ^{123}I -IMT	^{11}C MET, ^{18}F FET
Naviko rediferenciacijos nustatymas	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI, ^{201}Tl	^{11}C MET, ^{18}F FET, ^{18}F FDG
Naviko lokalizacijos patikslinimas prieš biopsiją	^{201}Tl , ^{123}I -IMT	^{11}C MET, ^{18}F FET, ^{18}F FDG
Gydymo monitoravimas	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI, ^{201}Tl , ^{123}I -IMT	^{11}C MET, ^{18}F FET

tabolizmas yra didesnis glioblastomose ir anaplastinėse astrocitomose nei žemo piktybiškumo laipsnio gliomose. Tarp žemo piktybiškumo laipsnio gliomų, oligodendrogliomos ir pilocitinės astrocitomos yra linkusios į aktyvesnį metabolizmą nei difuzinės astrocitomos [12, 22]. Daugelis autorių kontraversiškai vertina FDG ar MET naudojimą, nustatant glialinio naviko piktybiškumo laipsnį ir prognozę [5, 12, 13, 18, 21], tačiau daugelis mano, kad MET turėtų būti pirmo pasirinkimo radioindikatorius [21, 24, 25].

MET radioindikatorius daugiau naudojamas parenkant žemo piktybiškumo laipsnio gliolinių navikų gydymo taktiką. Ligonius su žemo piktybiškumo laipsnio gliomomis, turinčiomis žemą MET metabolizmą, reikėtų stebėti. Ir tik MET metabolizmui didėjant, reikėtų spręsti dėl operacinio gydymo [21, 24–26]. Taip pat PET tyrimas su MET labai informatyvus planuojant žemo piktybiškumo laipsnio gliomų biopsiją, nes jis parodo agresyviausią vietą, esančią navike. Tai galima nustatyti didžiausią naviko piktybiškumo laipsnį [18, 24]. Perfuzijos tyrimas, panaudojant (¹⁵O) H₂O PET tyrimo metu, gali būti reikšmingas nustatant funkciškai svarbias smegenų sritis prieš šalinant gliomas, kurios lokalizuojasi sensomotorinėje galvos smegenų žievėje. Tai leidžia išvengti ar sumažinti pooperacinius neurologinius defektus [27].

Ankstyva poradiacinio aukšto piktybiškumo laipsnio gliomų recidyvo ar glialinio naviko piktybiškumo laipsnio progresavimo diagnostika yra labai svarbu gydant gliolinius galvos smegenų navikus. Tiksliai ir laiku atlikta glialinio naviko recidyvo diagnostika lemia ilgesnį ligonio išgyvenamumą [28]. Galvos smegenų navikų radiacinė terapija visuomet susijusi su vėlyvąja pospinduline nekroze. Nekrozė paprastai formuojasi net jei apšvitosis dozė neviršijo terapinių normų. Tai išryškėja praėjus dviem trimis mėnesiams po spindulinės terapijos. Susiformavusi nekrozės zona dažnai yra lydima aplinkinių galvos smegenų edemos. KT bei MRT negali tiksliai diferencijuoti naviko recidyvo nuo ankstyvųjų ar vėlyvųjų poradiacinių pokyčių galvos smegenyse [29, 30]. Būdinga tai, kad poradiaciniame nekroziniame audinyje yra mažesnis gliukozės metabolizmas, lyginant su normaliu galvos smegenų audiniu. Tai yra dėl to, kad poradiaciniame audinyje yra mažiau ląstelių [31]. Pirminis poradiacinio pažeidimo mechanizmas yra aiškinamas kraujagyslių endotelio pažeidimu ar tiesioginiu oligodendroglijos spinduliniu pakenkimu [32]. Baltoji smegenų medžiaga pakenkiama daugiau nei pilkoji. Poradiacinės nekrozės dažnis svyruoja tarp 5% ir 37% bei auga didėjant radioterapei dozei [33, 34]. Glialinio naviko recidyvo ir poradiacinės nekrozės klinikiniai simptomai yra panašūs. Abi šios būsenos gali nulemti ligonio būklės blogėjimą ir mirtį. Poradiacinės nekrozės gydymas labai įvairus – nuo konservatyvaus iki operacinio smegenų nekrotinių masių šalinimo [1, 35, 36]. Dėl sumažėjusio gliukozės metabolizmo poradiacinės nekrozės zonoje stebimas nedidelis FDG kaupimas. PET, naudojant FDG ir MET, 80–90% jautrumu gali nustatyti gliomos recidyvą [29, 37, 38]. Dauguma autorių nustatė, kad net PET jautrumas, diagnozuojant poradiacinį pažeidimą ir naviko recidyvą, yra mažesnis nei jautrumas, nustatant keletą gerybi-

nių būklių, tokių kaip poradiaciniai uždegiminiai pokyčiai, kuriems būdingas padidintas metabolinis aktyvumas. Todėl PET tyrimas anksčiau kaip 3–4 mėnesiai po spindulinės terapijos nėra tikslingas dėl klaidinančių rezultatų. Tuo tarpu RKT tyrime informatyviausi radioindikatoriai, diferencijuojant gliomos recidyvą nuo poradiacinių pokyčių, yra MIBI, IMT ir ²⁰¹Tl. MIBI jautrumas, įvairių autorių duomenimis, siekia iki 88% [28], o IMT – iki 84% [39].

Funkciniai neinvaziniai radiologiniai galvos smegenų tyrimai nenaudojami kaip pirmo pasirinkimo diagnostiniai tyrimai ligoniams, sergantiems glioliniais galvos smegenų navikais. Jie naudojami, kai įprastiniai anatomiciniai tyrimo metodai (KT ir MRT) neuroonkologijoje neduoda reikalingos informacijos ar yra nepakankamai jautrūs. PET ir RKT tyrimai yra nepakeičiami diagnozuojant naviko recidyvą, likusią naviko dalį po chirurginio gydymo, vertinant glialinio naviko piktybiškumo laipsnio progresavimą ar stebint ligos eigą. Šie tyrimai leidžia išvengti diagnostinių klaidų, padeda parinkti teisingą gydymo kryptį, todėl prailginama ligonio gyvenimo trukmė ir pagerinama jo kokybė.

Gauta:
2006 12 09

Priimta spaudai:
2006 12 23

Literatūra

1. Ricci PE, Dungan DH. Imaging of low- and intermediate-grade gliomas. *Semin Radiat Oncol* 2001; 11: 103–12.
2. Heikki M. PET and SPECT in low-grade glioma. *Eur J Radiol* 2005; 56: 171–8.
3. Wagner HN, Szabo Z, Buchanan JW. Principles of nuclear medicine. 1995; 1041–76.
4. Wilson M. A Textbook of nuclear medicine. 1997; 211–36; 248–50.
5. DiChiro G. Positron emission tomography using (¹⁸F)fluorodeoxyglucose in brain tumours A powerful diagnostic and prognostic tool. *Invest Radiol* 1987; 22: 360–71.
6. Nishiyama Y, Yamamoto Y, Fukunaga K, Satoh K, Kunishio K, Ohkawa M. Comparison of ^{99m}Tc-MIBI with ²⁰¹Tl chloride SPECT in patients with malignant brain tumours. *Nucl Med Com* 2001; 22: 631–9.
7. Pauleit D, Floeth F, Tellmann L. Comparison of O-(2-¹⁸F-fluoroethyl)-L-tyrosine PET and 3-¹²³I-iodo-alpha-methyl-L-tyrosine SPECT in brain tumours. *J Nucl Med* 2004; 45: 374–81.
8. Weber WA, Dick S, Reidl G. Correlation between postoperative 3-(¹²³I)iodo-L-alpha-methyltyrosine uptake and survival in patients with gliomas. *J Nucl Med* 2001; 42: 1144–50.
9. Bomanji JB, Costa DC, Ell PJ. Clinical role of positron emission tomography in oncology. *Lancet Oncol* 2001; 3: 157–64.
10. Rohren EM, Turkington TG, Coleman RE. Clinical applications of PET in oncology. *Radiology* 2004; 231: 305–32.
11. Mineura K, Sasajima T, Kowada M. Perfusion and metabolism in predicting the survival of patients with cerebral gliomas. *Cancer* 1994; 73: 2386–94.
12. Kaschten B, Stevenaert A, Sadot B. Preoperative evaluation of 54 gliomas by PET with fluorine-18-fluorodeoxyglucose and/or carbon-11-methionine. *J Nucl Med* 1998; 39: 778–85.
13. Ultriainen M, Metsahokala L, Salmi TT. Metabolic characterisation of childhood brain tumours Comparison of 18-fluorodeoxyglucose and ¹¹C-methionine positron emission tomography. *Cancer* 2002; 95: 1376–86.

14. Sasaki M, Kuwabara Y, Yoshida T. A comparative study of thallium-201 SPECT, carbon-11 methionine PET and fluorine-18 fluorodeoxyglucose PET for the differentiation of astrocytic tumours. *Eur J Nucl Med* 1998; 25: 1261–9.
15. Phelps ME. PET: the merging of biology and imaging into molecular imaging. *J Nucl Med* 2000; 41: 661–81.
16. Spaeth N, Wyss MT, Pahnke J, Biollaz G, Lutz A, Estera G, Treyer V, Weber B. Uptake of ¹⁸F-fluorocholine, ¹⁸F-fluoroethyl-L-tyrosine and ¹⁸F-fluoro-2-deoxyglucose in F98 gliomas in the rat. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2006; 33: 673–82.
17. Jager PL, Vaalburg W, Prusim J, de Vries EGE, Langen KJ, Piers DA. Radiolabeled amino acids: basic aspects and clinical applications in oncology. *J Nucl Med* 2001; 42: 432–45.
18. De Witte O, Levivier M, Violon P. Prognostic value positron emission tomography with ¹⁸F-fluoro-2-deoxyglucose in the low grade glioma. *Neurosurgery* 1996; 39: 470–6.
19. Pirotte B, Goldan S, David P. Stereotactic brain biopsy guided by positron emission tomography with ¹⁸F-fluoro-2-deoxyglucose and ¹¹C-methionine. *Acta Neurochir Suppl (Wien)* 1997; 68: 133–8.
20. Pauleit D, Floeth F, Tellman L. Comparison of O-(2-¹⁸F-fluoroethyl)-L-tyrosine PET and 3-¹²³I-iodo-alfa-methyl-L-tyrosine SPECT in brain tumours. *J Nucl Med* 2004; 45: 374–81.
21. Nuutinen JM, Sonninen P, Lehtikoinen P. Radiotherapy treatment planning and long-term follow-up with ¹¹C-methionine PET in patients with low-grade astrocytoma. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2000; 48: 43–52.
22. Derlon JM, Petit-Taboué MC, Chapon F. The in vivo metabolic pattern of low-grade brain gliomas: a positron emission tomographic study using ¹⁸F-fluorodeoxyglucose and ¹¹C-methylmethionine. *Neurosurgery* 1997; 40: 276–87.
23. Herholz K, Holzer T, Bauer B. ¹¹C-methionine PET for differential diagnosis of low-grade gliomas. *Neurosurgery* 1998; 50: 1316–22.
24. De Witte O, Goldberg I, Wikler D. Positron emission tomography with injection of methionine as a prognostic factor in glioma. *J Neurosurg* 2001; 95: 746–50.
25. Ribom D, Eriksson A, Hartman M. Positron emission tomography ¹¹C-methionine and survival in patients with low-grade gliomas. *Cancer* 2001; 92: 1541–9.
26. Ribom D, Eriksson A, Hartman M, Persson L, Blomquist E. On the issue of early and aggressive treatment in grade 2 gliomas. *J Cancer Res Clin Oncol* 2003; 129: 154.
27. Bittar RG, Olivier A, Sadicot AF, Andermann F, Pike GB, Reuters DC. Presurgical motor and somatosensory cortex mapping with functional magnetic resonance imaging and positron emission tomography. *J Neurosurg* 1999; 91: 915–21.
28. Soler C, Beauchesne P, Maafougui K, Schmitt T, Barral FG, Michel D, Dubois F, Brunon J. Technetium-99m sestamibi brain single-photon emission tomography for detection of recurrent gliomas after radiation therapy. *Eur J Nucl Med* 1998; 25: 1649–57.
29. Hoffman JM. New advances in brain tumour imaging. *Curr Opin Oncol* 2001; 13: 148–53.
30. Giannopoulou C. The role of SPECT and PET in monitoring tumour response to therapy. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2003; 30: 1173–200.
31. Di Chiro G, Oldfield E, Wright DC. Cerebral necrosis after radiotherapy and/or intraarterial chemotherapy for brain tumours: PET and neuropathologic studies. *AJR* 1988; 150: 189–97.
32. Boyko OB. Neuroimaging of radiation injury to the central nervous system. *Neuroimaging Clin N Am* 1993; 3: 803–16.
33. Chamberlain MC, Kormanik PA. Practical guidelines for the treatment of malignant gliomas. *West J Med* 1998; 168: 114–20.
34. Leibel SA, Sheline GE. Tolerance of the brain and spinal cord to conventional irradiation. In: Gutin PH, Leibel SA, Sheline GE, eds. *Radiation injury to the nervous system*. New York, NY: Raven Press, 1991; 239–56.
35. Benard F, Romsa J, Hustinx R. Imaging gliomas with positron emission tomography and single-photon emission computed tomography. *Semin Nucl Med* 2003; 33: 148–62.
36. Wall B. Radiation protection dosimetry for diagnostic radiology patients. *Radiat Prot Dosim* 2004; 109: 409–19.
37. Del Sole A, Falini A, Racasi L. Anatomical and biochemical investigation of primary brain tumours. *Eur J Nucl Med* 2001; 28: 1851–72.
38. Langleben D, Segall G. PET in differentiation of recurrent brain tumour from radiation injury. *J Nucl Med* 2000; 41: 1861–7.
39. Samnick S, Bader JB, Hellwig D. Clinical value of iodine-123-alpha-methyl-L-tyrosine single-photon emission tomography in the differential diagnosis of recurrent brain tumour in patients pretreated for glioma at follow-up. *J Clin Oncol* 2002; 20: 396–404.

D. Šilkūnas, N. Jurkienė, V. Deltuva, G. Škudas, A. Matukevičius, K. Skauminas, A. Tamašauskas

IMPORTANCE OF SINGLE PHOTON EMISSION COMPUTED TOMOGRAPHY AND POSITRON EMISSION TOMOGRAPHY IN THE DIAGNOSTICS OF CENTRAL NERVOUS SYSTEM GLIOMAS

Summary

Central nervous system gliomas are primary neuroepithelial tumours developing from glial cells. High malignancy gliomas have a high recurrence rate even after complex therapy while low malignancy gliomas are prone to progress into more malignant histological forms. The early diagnostics of recurrences or progression of glial tumours into more malignant forms can improve the results of treatment and prognosis. The radionuclid investigations – single photon emission computed tomography (SPECT) and positron emission tomography (PET) – are very useful to diagnose the recurrences of tumours and progression into more malignant forms. The target of radionuclid investigations is the physiology of organs and their parts, tissues and cells. Therefore these methods are very useful in the evaluation of tumour tissues. The main radioindicators used in SPECT investigations of glial tumours are ²⁰¹Tl, MIBI, IMT, HMPAO. The main radioindicators used in PET investigations of glial tumours are FDG, MET, TYR and FET radioindicators. The main indications for SPECT and PET evaluations in patients with central nervous system gliomas are the evaluation of the malignancy rate and prognosis, evaluation of the radionecrosis and differentiation grades of the tumour, the specification of the tumour localisation before biopsy, and monitoring of treatment. Functional radionuclid investigations are not used as primary methods of diagnostics in patients with central nervous system gliomas. However they are very useful when the value of conventional methods is limited or they are not enough sensitive.

Keywords: single photon emission computed tomography (SPECT), positron emission tomography (PET), radioindicator, glial tumour.