

Úloha stereotaktické biopsie v diagnostice tumoru mozku

Jan Chrastina¹, Zdeněk Novák¹, Radim Jančálek¹, Ivo Říha¹, Bronislava Slaná², Markéta Hermanová², Věra Feitová³

¹Neurochirurgická klinika LF MU FN u sv. Anny v Brně

²I. patologickoanatomický ústav LF MU FN u sv. Anny v Brně

³Klinika zobrazovacích metod LF MU FN u sv. Anny v Brně

Účel studie: Histologická verifikace je podmínkou adekvátní terapie mozkových tumorů. Sdělení prezentuje zkušenosti se stereotaktickou biopsií nádoru mozku s důrazem na diagnostickou výtěžnost, korelaci nálezů s resekčními výkony a bezpečnost.

Použité metody: U 106 nemocných byla provedena biopsie předpokládaného tumoru mozku pomocí rámového systému Zamorano Dujovny (hluboko umístěné a méně rozsáhlé léze) a u 20 nemocných byl využit bezrámový neuronavigační systém BrainLab (povrchové léze).

Výsledky: Diagnostická výtěžnost dosahovala 96,3 % u rámového systému a 100 % u systému bezrámového. Četnost komplikací byla 1,8 % po biopsii s využitím rámového systému. Komplikací bezrámové biopsie byl jeden asymptomatický intracerebrální hematom. Předpokládaný tumor mozku nebyl prokázán u 12,8 % nemocných. Histologické nálezy při resekci tumoru a stereobiopsii (10 nemocných) s jedinou výjimkou (grading maligního gliomu) korelovaly.

Závěry: Biopsie tumoru mozku s využitím rámové i bezrámové techniky je bezpečným výkonem s přínosem pro diagnostiku u nemocných s tumorem mozku. Využití jednotlivých systémů záleží na lokalizaci léze (rámová technika u hlubokých lézí), jejím rozsahu (bezrámový systém u rozsáhlých subkortikálních procesů) a plánovaném dalším postupu.

Klíčová slova: tumor mozku, stereotaxe, bezrámová technika, biopsie.

The role of stereotactic biopsy in the diagnostic workup of brain tumor

Study aim: Histological verification is a prerequisite for adequate therapy of brain tumors. Study presents the experience with stereotactic biopsy of brain tumors paying attention to diagnostic utility, correlation of findings with tumor resection and surgical safety.

Methods: Brain tumor biopsy using stereotactic frame based system (deep and small lesions) was performed in 106 patients and frameless neuronavigation system BrainLab (superficially located lesions) was used in 20 patients.

Results: Diagnostic efficiency was 96,3 % in frame based system and 100 % in frameless system. The incidence of complications was 1,8 % in frame based biopsies. There was one asymptomatic haematoma in frameless biopsy patients. Suspected brain tumor was not proven in 12,8 % of patient. There was correlation of histological findings in specimens taken during stereotactic biopsy and open tumor resection (10 patients) in all except one patient (malignant glioma grading).

Conclusions: Frameless and neuronavigation based tumor biopsy is a safe procedure beneficial for the treatment of brain tumor patients. The decision about the use of frame based or frameless system depends on lesion location (frame based system in deep lesions), lesion extent (frameless system in extensive subcortical tumors) and planned treatment steps.

Key words: brain tumors, stereotaxy, frameless technique, biopsy.

Onkologie 2011; 5(1): 49–52

Úvod

Stereotaktická operační technika kromě biopsie tumoru mozku k jeho histologické verifikaci umožňuje také evakuaci nádorové cysty, zavedení intracystické drenáže k aplikaci chemoterapie, zavedení katétrů do solidního nádoru k provedení brachyterapie radioaktivními izotopy a cílení kraniotomie k resekci nádoru.

Pro rozvoj stereotaxe v neuroonkologii se stalo klíčovým zavedení moderních zobrazovacích technik, umožňujících dokonalé zobrazení cerebrálních lézí – CT a posléze magnetické rezonance (MRI). Na druhé straně mohou možnosti zobrazovacích technik vést k diskuzi o oslabení nutnosti histologické verifikace mozkové expanze, prokázané pomocí

zobrazovacích technik. Zůstává ovšem skutečností, že u nemocných s prokázaným primárním extracerebrálním tumorem a intrakraniální lézí je 11 % nálezů jiného původu než předpokládaná metastáza (1). Cílem sdělení je prezentovat zkušenosti pracoviště se stereotaktickou biopsií tumoru mozku, rozebrat přínos biopsie pro další terapeutický postup a srovnat možnosti rámové stereotaxe a bezrámové navigace.

Metodika a soubor nemocných

Ke stereotaktické biopsii jsou obecně indikováni nemocní s mozkovými tumory, u nichž není možný resekční výkon. Jedná se o léze v hlubokých strukturách mozku, vícečetné léze, difuzní procesy a nemocné, kde celkový stav kontra-

indikuje resekční výkon. Pro indikaci stereobiopsie je nutné zvážit i rizika výkonu, zvláště u cévnatých lézí, lézí v blízkosti velkých cév nebo komplexních vaskulárních struktur (kavernózní splav, inzulární a pineální oblast), cystických, intraventrikulárních a paraventrikulárních lézí (riziko krvácení do komory nebo cysty).

Pro stereotaktickou biopsii byl používán rámový systém Zamorano Dujovny v kombinaci s MRI kompatibilním keramickým kruhem Leibinger (obrázek 1). Pokud bylo MRI vyšetření kontraindikováno, byla biopsie provedena s využitím CT zaměření a titanového kruhu. Po fixaci stereotaktického rámu na hlavu nemocného následuje provedení plánovací T1 WI 3D MRI studie a většinou také MR angiografie. O zařa-

zení dalších sekvencí je rozhodováno individuálně. Plánovací software Praezis Plus umožňuje nekomplikovanou volbu cíle, vstupu kanyly do nitrolebí a analýzu trajektorie v trojrozměrném prostoru.

Od r. 2005 je k dispozici i bezrámový systém Brain Lab Vector Vision Sky, který využívá reflexní markery fixované k Mayfieldovu tříbodovému uchycení pro fixaci hlavy. Při registraci je určen vztah intrakraniálních struktur k těmto markerům a právě konstantní vztah markerů k hlavě nemocného zabezpečuje trvalou referenci v průběhu zákroku. Markery mohou být také fixovány na většinu nástrojů, což umožňuje přesné určení jejich polohy v prostoru. Dvě kamery pracující v oblasti vlnových délek blízké infračervené oblasti sledují reflexní markery fixované k operačním nástrojům, endoskopu nebo mikroskopu a předávají informace o jejich poloze v prostoru navigační stanici, kde se již nacházejí zrekonstruované 3D soubory patientských dat vytvořené z předoperačního vyšetření CT nebo MRI. Kromě naplňování trajektorie systém podává průběžně informace o poloze operačního nástroje ve vztahu k intrakraniálním strukturám dle plánovacího MRI nebo CT (obrázek 2). Pro odběr vzorku využíváme side cutting kanylu.

Volba cíle biopsie musí splňovat podmínky bezpečnosti výkonu a diagnostického zachytu. Příkladem může být CT nebo MRI (postkontrastní T1 WI) obraz high grade gliálního tumoru, kde je možné identifikovat 3 oblasti. Jedná se o centrální hypodenzní zónu, nejčastěji popisovanou jako nekrózu, ovšem je možné se setkat i s popisem cysty nebo pseudocysty. Zevně se nachází různě široký postkontrastně se sytící prstenec, odpovídající oblasti narušené hematoencefalické bariéry, a zóna hypodenzní v CT obraze a T1 WI v MRI nebo hyperintenzní v T2 WI, odpovídající perifokálnímu edému. Při biopsii se snažíme zachytit veškeré popisované oblasti a nelze podcenit ani odběr biopsie v oblasti předpokládané nekrózy. Při nekomplikovaném průběhu stereotaktické biopsie odebíráme minimálně 3 vzorky z různých míst. Při rozhodnutí o užití rámového systému nebo bezrámové neuronavigace obecně preferujeme precizní rámový systém u hluboko uložených lézí menšího rozsahu, naopak u rozsáhlých infiltrativních procesů využíváme neuronavigační bezrámový systém, stejně jako v situaci, kdy po biopsii zvažujeme resekční výkon.

Biopsie předpokládaného tumoru mozku byla s využitím rámového systému provedena v období let 2003–2009 u 106 nemocných (62 mužů, 44 žen), průměrný věk 61,4 let (rozmezí

28–85 let). Bezrámová biopsie byla provedena u 20 nemocných (13 mužů, 7 žen), průměrný věk 53,1 let (rozmezí 18–88 let).

Výsledky

Stereotaktická biopsie – rámový systém

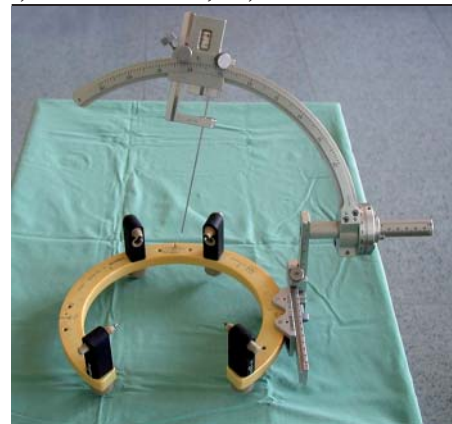
V souboru rámových stereotaktických biopsií byla mozková metastáza prokázána u 19 nemocných (14 mužů, 5 žen, průměrný věk 63 let, 53–79 let), multiformní glioblastom u 32 nemocných (18 mužů, 14 žen, průměrný věk 61,7 let, rozmezí 28–80 let) a anaplastický astrocytom u 13 nemocných (6 žen a 7 mužů, průměrný věk 71,7 let, rozmezí 44–81 let). Méně častý byl anaplastický pleomorfní xanthoastrocytom (1 nemocná, 30 let) a anaplastický oligodendrogliom (3 ženy, 1 muž, průměrný věk 54,3 let, rozmezí 36–79 let), oligodendrogliom (1 muž, 2 ženy, průměrný věk 36,6 let) a fibrilární astrocytom (2 ženy, průměrný věk 54 let). Mozkový lymfom byl prokázán u 8 nemocných (6 mužů, 2 ženy, průměrný věk 70,5 let, rozmezí 48–85 let) (obrázek 3) a u jednoho nemocného meduloblastom postihující kmen (muž, 29 let).

U 2 nemocných byl při biopsii překvapivě zjištěn meningiom. U polymorbidní nemocné (62 let, MRI kontraindikováno) byla u smíšené cystické expanze v mesiotemporálních strukturách se vztahem ke kavernóznímu splavu zvažována především metastáza. Podobně u další nemocné (75 let) byla pro rozsáhlý edém předpokládána metastáza s centrální nekrózou.

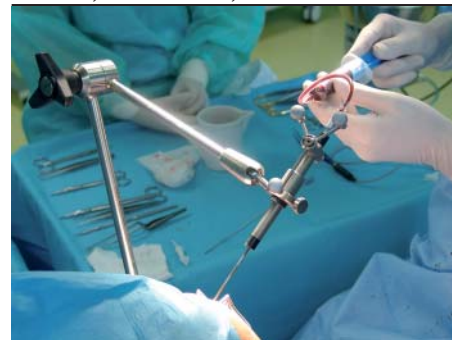
U 11 nemocných (12,8% souboru) histologické vyšetření nepotvrdilo předpokládaný tumor. U 5 nemocných prokázalo postischemické změny (2 ženy, 3 muži, průměrný věk 59,6 let, rozmezí 47–77 let). Předoperačně byl zvažován infiltrativní gliom, leptomeningeální infiltrace při mozkovém lymfomu a encefalitida. U muže ve věku 57 let byly prokázány poúrazové gliotické změny (zvažován low grade gliom). U jednoho nemocného (65 let) stereotaktická biopsie prokázala intracerebrální hematoma, předpokládaná metastáza nebyla potvrzena. Dalšími nálezy byla cysta corpus callosum, postiradiační nekróza, mozková toxoplazmóza (předpokládáno metastatické postižení mozku – vícečetné léze, po léčbě pro karcinom prsu) a vaskulitida s eosinofilní dominancí (předpokládán tumor s edémem).

Stereobiopsie neumožnila diagnostický závěr u 4 nemocných (3,7%), kdy byla zachycena pouze nekróza i při odběru z více míst s ohledem na radiologický nález. Podle příznaků a radiologického obrazu bylo u 3 nemocných možné předpokládat mozkový gliom. U ne-

Obrázek 1. Stereotaktický rámový systém – základní komponenty stereotaktický keramický rám, operační systém Zamorano Dujovny



Obrázek 2. Bezrámový systém Brain Lab – biop-tická kanyla s fixačním systémem



Obrázek 3. Stereotaktická biopsie tumoru corpus callosum. Výsledek lymfom mozku



mocné (43 let) po operaci pro sarkom srdce byla zvažována metastáza raritního primárního tumoru, ovšem biopsie zachytila pouze nekrotickou tkáň. Diagnostická výtěžnost byla tedy 96,3%.

U jednoho nemocného došlo s odstupem 24 hodin k prokrvácení nádoru, i když CT za 2 hodiny po biopsii bylo negativní. I přes akutní evakuaci hematoma a exstirpaci tumoru (metastáza melanomu) byla výsledkem levostranná hemiparéza středního až těžkého stupně. Asymptomatický malý subdurální hematoma

u jedné nemocné nevyžadoval operaci. Četnost komplikací byla tedy 1,8%.

Biopsie – bezrámový systém

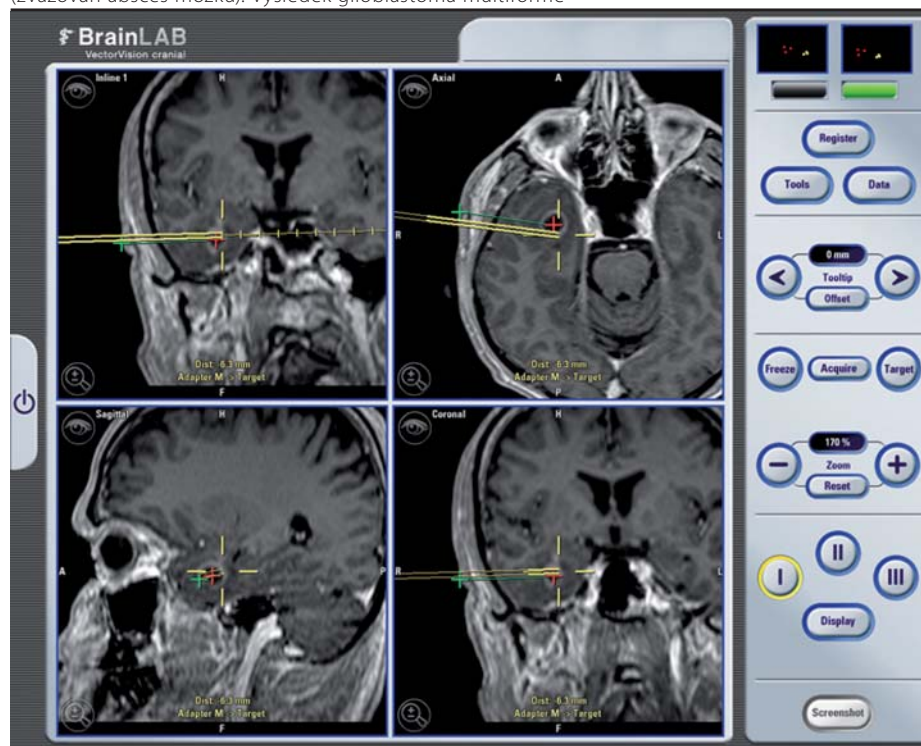
U 7 nemocných prokázalo histologické vyšetření mozkovou metastázu (2 ženy, 5 mužů, průměrný věk 57,9 let, rozmezí 47–70 let). Multiformní glioblastom byl zjištěn u 4 nemocných (3 ženy, 2 muži, průměrný věk 68 let, rozmezí 35–88 let) (obrázek 4). Anaplastický astrocytom byl prokázán u 3 nemocných (1 žena, 2 muži, průměrný věk 43 let, rozmezí 30–62 let), oligodendrogliom u 2 nemocných (1 žena, 1 muž, průměr 50 let, 40 a 60 let) a pilocytický astrocytom u jedné nemocné (žena, 18 let). U ženy ve věku 44 let s histologicky prokázaným angiomasózním meningiome byl MRI obraz popsán jako glioblastom, včetně centrální nekrotické oblasti. U další ženy (47 let) s podezřením na mozkovou metastázu při generalizovaném tumoru tlustého střeva biopsie prokázala závažné postižení. U všech nemocných byl získán diagnostický materiál. Jedinou komplikací byl asymptomatický 3centimetrový hematoma, který byl evakuován při resekci prokázaného glioblastomu.

I když je stereotaktická biopsie indikovaná především u nemocných, kdy je resekční výkon rizikový (lokalizace tumoru) nebo nepřínosný (histologický typ tumoru), u 10 nemocných po diagnostické biopsii následoval resekční výkon (rámová i bezrámová stereotaxe). S jedinou výjimkou (nejistý grading maligního gliomu při stereobiopsii) histologické nálezy korelovaly.

Diskuze

Využití stereotaxe v neuroonkologii je spojeno s možnostmi zobrazení mozkových tumorů. V období před CT bylo možné usuzovat na lokalizaci tumoru pouze na základě nepřímých známek. Ventrikulografie prokázala útlak komorového systému a přetlak středočárových struktur. Při angiografii byl sledován přesun mozkových cév včetně hlubokých žil mozku, patologická vaskularizace u cévnatých tumorů nebo avaskulární zóna u nádorů s nízkým cévním zásobením. CT (1972) a především MRI (1983) již přímo zobrazují mozkový tumor a vedly k rozvoji stereotaxe v onkologii. Tento vývoj odráží i četnost publikací s tematikou stereotaxe v neuroonkologii. Dle neurochirurgických a neuroonkologických databází se publikace s tematikou stereotaktické biopsie mozkových nádorů začaly objevovat v r. 1980 a dominantní tematikou byly od r. 1984 do 1994. I v současné době dle počtu publika-

Obrázek 4. Biopsie s využitím bezrámového systému Brain Lab – poloha kanyly při odběru biopsie (zvažován absces mozku). Výsledek glioblastoma multiforme



cí převládají biopsie tumorů mozku s využitím rámové stereotaxe nad biopsiemi s využitím bezrámových systémů (2).

Na základě 71 stereotaktických biopsií Stranjalis se spoluautory odváženě prohlašují, že stereobiopsie nezměnila terapeutický postup nebo mortalitu určenou přirozeným průběhem biopsicky verifikovaných lézí. Dle jejich názoru by princip histologické verifikace u všech neresekovatelných mozkových lézí měl být změněn a více pozornosti by mělo být věnováno faktorům medicínským (věk, celkový stav, neurologický nálezy a zobrazovací charakteristiky), na hranici medicíny („nejlepší zájmy nemocného“) nebo tuto hranici překračující (limitace zdravotního pojištění). Tvzení oslabuje nedostatečná diagnostická výtěžnost, kdy diagnóza byla učiněna pouze u 79% nemocných (3). Podobné výsledky uvádí i jiné sdělení z r. 1996, kde autoři v souboru 53 biopsií dosahují diagnostické výtěžnosti 88,7% (4). Proti Stranjalisovu stanovisku o omezeném významu histologické verifikace hovoří i fakt, že u 13% nemocných předoperační diagnóza neodpovídala histologickému nálezu (3).

Ve srovnatelných souborech jiných autorů ovšem bylo možné učinit histologickou diagnózu až u 98%, což odpovídá i našemu souboru – diagnostická výtěžnost 96,2% (5, 6, 7). V souboru 326 stereotaktických biopsií získal Kreth diagnostický vzorek u 98% nemocných. Využíval precizní systém Riechert Munding

s odběrem více vzorků (průměrně 5) pomocí biopsických klíčků s přesně definovaným objemem vzorku (5). Hertel se spolupracovníky získali diagnostický vzorek u 150 ze 153 nemocných (8). Zhang se spolupracovníky popisuje výsledky MRI stereobiopsie u lézí, které nebyly detekovatelné pomocí CT. U 26 nemocných bylo možno učinit definitivní diagnózu i v závažných onemocnění (gliomatóza, cysticerkus a Krabbeho choroba). Autoři považují MRI za výhodnější než CT z hlediska identifikace léze, ovšem přesnost MRI stereotaxe negativně ovlivňuje nehomogenita magnetického pole a distorce obrazu (i stereotaktickým rámem) (9).

Woodworth se spolupracovníky u 21 nemocných s gliomy mozku provedl 12 rámových a 9 bezrámových biopsií, následovaných resekci tumoru průměrně 2,2 měsíce po biopsii. Diagnóza při resekci a stereobiopsii korelovala u 76% nemocných (89% bezrámových a 66% rámových biopsií) a byla určující pro terapii u 91%. Hlavními diskrepancemi byla nemožnost určení gradingu, průkaz anaplastického oligodendrogliomu při resekci low grade gliomu dle stereobiopsie a nediagnostický vzorek nekrotické tkáně u glioblastomu. Velikost tumoru, jeho heterogenita a rychlá progresse negativně korelovala se shodou gradingu při resekci a biopsii. Pro zlepšení výtěžnosti odebírali více vzorků v ose tumoru (10).

Při indikaci stereotaktické biopsie je nutné zvážit možnost komplikací, především krvácení.

Kreth uvádí morbiditu 3,1 % (ve vztahu k hemoragii 0,9%) a mortalitu 0,9%. Asymptomatické krvácení popsali u 9,6% odběrů, častěji u maligních gliomů. Pro minimalizaci morbidity zdůrazňují technické vybavení, plánování trajektorie a zkušenost. Jako rizikový faktor zmiňují především gliom vyššího stupně malignity (5). Podobně Nasser v souboru 44 nemocných uvádí mortalitu 0% a morbiditu 2,3%, i když nejčastější diagnózou byl glioblastom (7). V souboru 225 nemocných Sawin popsal rizikové faktory pro vznik pooperačních komplikací: antiagregační terapie, dlouhodobé podávání glukokortikoidů, maligní léze, léze v hlubokých strukturách mozku a opakovaná biopsie. Bez vztahu k riziku komplikace byly pohlaví, věk, preexistující choroby, extrakraniální malignita, kardiální onemocnění, hypertenze, diabetes, HIV a nástroj pro biopsii (11). Četnost krvácení v souboru 2 651 stereotaktických operací z pracoviště v Pittsburghu byla 2,6% a u 0,36% byla nutná kraniotomie k evakuaci hematomu. Obdivuhodná je minimální mortalita – 0,08% (12).

Uvedená data i vlastní zkušenosti ukazují, že nejčastější příčinou zhoršení stavu nemocného po stereotaktické biopsii je krvácivá komplikace. I při exploraci oblasti biopsie pomocí mikroDoppler sondy (16 MHz, průměr 1 mm) autoři popsali krvácení u 2,6% nemocných, z toho jedno krvácení bylo u metastázy melanomu bez hrožícího kontaktu s cévou (8).

I při odlišném rozsahu souboru nemocných po rámové biopsii a biopsii s využitím bezrámového systému je možné konstatovat, že vysoká diagnostická výtěžnost a nízká četnost komplikací je společná pro obě techniky, i když léze v hlubokých strukturách mozku, rizikovější z hlediska funkčního dopadu možných komplikací, jsou indikací pro rámovou stereotaxi. Je možné zmínit názor, že u 80% tumorů, u kterých je nyní prováděna stereotaktická rámová biopsie, je možná biopsie bezrámová (2). Rovněž Woodworth se spolupracovníky považují bezrámovou techniku za výhodnější pro kortikální léze. U 110 bezrámových biopsií dosáhli diagnostické výtěžnosti 89% s trvalou morbiditou 6% a mortalitou 1% podobně jako u 160 rámových biopsií. Ovšem u hlubokých lézí byla pravděpodobnost diagnostické biopsie 2,7krát nižší než u povrchných (13). Obdivuhodnou výtěžnost bezrámové biopsie u subkortikálních tumorů (98%) popisuje Gralla (14).

I přes minimální morbiditu a vysokou diagnostickou výtěžnost představuje stereotaktická biopsie mozku invazivní výkon. Proto je nutné diskutovat i současné možnosti magnetické rezonance pro neinvazivní diagnostiku tumorů mozku. Jedná se o perfuzní MR (PWI), difuzní zobrazování (DWI a DTI) a MR spektroskopie. Technika PWI napomáhá neinvazivnímu stanovení biologické aktivity a agresivity low grade tumorů a u low grade astrocytomů ukazuje anaplasticky transformované oblasti tumorů. DWI a DTI díky směrové závislosti molekulární difuze přes buněčné membrány dokáže identifikovat průběh nervových drah ve vztahu k tumoru (nejčastěji pyramidová dráha), ovšem neodliší cystu a nekrotickou solidní tkáň, stejně jako metastázu a absces (15, 16). MRI spektroskopie díky možnosti sledování koncentrace vhodných metabolitů poskytuje informace o buněčných membránách (cholin), funkčním (N-acetylaspartát) a energetickém stavu neuronů (kreatinin). Jinými sledovanými metabolity jsou myoinositol (astrocyty) a laktát (nekroza) (17). Setzer popisuje vysokou pozitivní prediktivní hodnotu H – MRI spektroskopie pro low grade gliomy a nejvyšší negativní prediktivní hodnotu pro metastázy a lymfomy (18). V současnosti spatřujeme potenciální přínos těchto rozvíjejících se technik především pro rizikové nemocné.

Závěry

Vzhledem ke vztahu mezi výsledky zobrazovacích metod a histologickou diagnózou považujeme biopstickou verifikaci za nutnou podmínku onkologické terapie. Rámová i bezrámová stereotaxe umožňují bezpečnou a spolehlivou verifikaci patologického procesu, diagnostikovaného pomocí zobrazovacích metod. Volba rámové nebo bezrámové techniky je ovlivněna faktory subjektivními i objektivními, obecně lze preferovat využití bezrámové techniky pro povrchně uložené rozsáhlé léze a rámové stereotaxe pro menší léze v hlubokých strukturách mozku.

Literatura

1. Greenberg MS. Handbook of neurosurgery. Fourth edition. Lakeland, Florida: Greenberg Graphics, 1997: 354.
2. Linskey ME. The changing role of stereotaxis in surgical neurooncology. J Neurooncol 2004; 69: 35–54.
3. Stranjalis G, Protopapa D, Sakas DE, Chondros D. Stereotactic biopsy in the era of advanced neuroimaging. Does the minimal therapeutic gain justify its current wide use? Minim Invasive Neurosurgery 2003; 46: 90–93.

4. Ebel H, Rust DS, Scheuerle A. Value of stereotaxy in neurosurgery. Indications and analysis of results of 71 cases. Nervenarzt 1996; 67: 650–658.
5. Kreth FW, Muacevic A, Medele R, Bise K, Meyer T, Reulen HJ. The risk of haemorrhage after image guided stereotactic biopsy of intra-axial brain tumours – a prospective study. Acta Neurochir (Wien) 2001; 143: 539–545.
6. Dammers R, Haitsma IK, Schouten JW, Kros JM, Avezaat CJ, Vincent AJ. Safety and efficacy of frameless and frame based intracranial biopsy techniques. Acta Neurochirurgica (Wien) 2008; 150: 23–29.
7. Nasser JA, Confort CI, Ferraz A, Esperanza JC, Duarte F. Image – guided stereotactic biopsy for questionable diseases of the brain. Arg Neuropsychiatr 1998; 56: 206–211.
8. Hertel F, Feiden W, Bettag M. The value of micro Doppler in stereotactic brain biopsy. Minim Invasive Neurosurg 2005; 48: 165–168.
9. Zhang YQ, Zhao GG, Li KC, Li JY, Yu T, Wang L, Li YJ. MRI guided stereotactic biopsy for questionable diseases of the brain. Zhonghua Wai Ke Za Zhi 2003; 41: 667–669.
10. Woodworth G, McGirt MJ, Samdani A, Garonzik I, Olivi A, Weingart JD. Accuracy of frameless and frame based image guided stereotactic biopsy in the diagnosis of glioma: comparison of biopsy and open resection specimen. Neurol Res 2005; 27: 358–362.
11. Sawin PD, Hitchon PW, Follet KA, Torner JC. Computed imaging – assisted stereotactic brain biopsy: a risk analysis of 225 consecutive cases. Surg Neurol 1998; 49: 640–649.
12. Lundsford LD, Niranjana A, Khan AA, Kondziolka D. Establishing a benchmark for complications using frame-based stereotactic surgery. Stereotact Funct Neurosurg 2008; 86: 278–287.
13. Woodworth GF, McGirt MJ, Samdani A, Garonzik I, Olivi A, Weingart JD. Frameless image guided biopsy procedure: diagnostic yield, surgical morbidity and comparison with frame based technique. J Neurosurg 2006; 104: 233–237.
14. Gralla J, Nimsky C, Buchfelder M, Fahlbusch R, Ganslandt O. Frameless stereotactic brain biopsy procedures using the Stealth Station. Indications, accuracy and results. Zentralbl Neurochir 2003; 64: 166–170.
15. Law M. Advanced imaging techniques in brain tumors. Cancer Imaging 2009; 9: S4–9.
16. Essig M, Giesel F, Stieltjes B, Weber MA. Functional imaging for brain tumors (perfusion, DTI and MR spectroscopy). Radiologe 2007; 47: 513–519.
17. Martínez – Bisbal MC, Celda B. Proton magnetic resonance spectroscopy imaging in the study of human brain cancer. Q J Nucl Med Mol Imaging 2009; 53: 618–630.
18. Setzer M, Herminghaus S, Marquardt G, Tews DS, Pilatus U, Seifert V, Zanella F, Lanfermann H. Acta Neurochir (Wien) 2007; 149: 379–386.

Část sdělení přednesena jako přednáška
na XXXIV. brněnských onkologických dnech
22. 4.–24. 4. 2010 Brno.

Podpořeno VZ MŠMT 0021622404
a NS 10411-3.

MUDr. Jan Chrastina, Ph.D.
Neurochirurgická klinika LF MU
a FN u sv. Anny v Brně
Pekařská 53, 656 91 Brno
jan.chrastina@fnusa.cz

