

MAGNETSKA REZONANCIJA U DIJAGNOSTICI OBOLJENJA SREDIŠNJEG ŽIVČANOG SUSTAVA U DJECE

Magnetic Resonance Imaging in Central Nervous System Diseases in Children

Igor BORIĆ

Klinika za dječije bolesti Zagreb i MR jedinica
Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, Republika Hrvatska

Revijalni članak

Sažetak

Brojna su i različita patološka stanja središnjeg živčanog sustava u djece, ali i dijagnostičke metode koje nam stoje na raspolaganju za njihovo otkrivanje i praćenje: konvencionalna radiografija, ultrazvuk, kompjutorizirana tomografija, magnetska rezonancija, te metode koje objedinjavaju nuklearnu medicinu i radiologiju, kao PET-CT. Svaka dijagnostička metoda ima svoje prednosti i nedostatke i prema tome svoje mjesto u dijagnostičkom algoritmu. Magnetska rezonancija omogućava prikaz anatomskih struktura i patoloških promjena u različitim ravninama i različitim tehnikama snimanja na osnovi njihovog različitog kemijskog sastava što daje mogućnost razlučivanja ne samo malenih anatomskih detalja nego i sličnih patoloških supstrata dajući nam informacije i o samom karakteru patološke tvorbe. Prednost magnetske rezonancije nad drugim radiološkim metodama oslikavanja središnjeg živčanog sustava su upravo mogućnost multiplanarnog prikaza (prikaza u različitim ravninama), dobar prikaz mekotkivnih struktura, visoka prostorna i kontrastna razlučivost, nekorištenje štetnog ionizacijskog zračenja, i mogućnost funkcijskog prikaza središnjeg živčanog sustava.

Ključne riječi: Magnetska rezonancija ▪ Djeca ▪ Središnji živčani sustav ▪ Mozak

Review article

Summary

There are many different pathological conditions of the central nervous system of the child, but also many different diagnostic tools available for their detection and evaluation: conventional radiography, ultrasound, computed tomography, magnetic resonance imaging, and diagnostic methods that combine nuclear medicine and radiology, such PET-CT. Each diagnostic method has its own advantages and disadvantages and accordingly takes its place in

the diagnostic algorithm. Magnetic resonance imaging provides clear presentation of anatomic structures and pathological changes in different planes with different MR sequences. That allows differentiation of small anatomical details as well as similar pathological changes and gives information about the character of the pathological condition itself. The main advantages of MRI in comparison to other imaging methods are the possibility of a multiplanar approach, good contrast and spatial resolution especially for soft tissues, lack of ionising radiation and the possibility of functional imaging of brain.

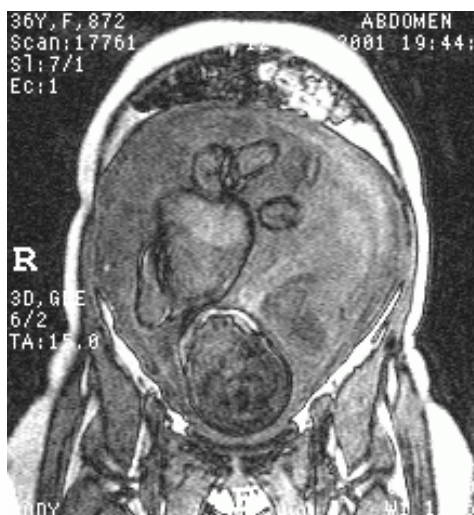
Key words: Magnetic resonance imaging ▪ Children ▪ Central nervous system ▪ Brain

UVOD

Od uvođenja CT-a u kliničku primjenu 1973. godine, magnetska rezonancija (MR) predstavlja najveće dostignuće u prikazu struktura središnjeg i perifernog živčanog sustava. MR omogućava prikaz anatomskih struktura i patoloških promjena u različitim ravninama i različitim tehnikama snimanja na osnovi njihovog različitog kemijskog sastava što daje mogućnost razlučivanja ne samo malenih anatomskih detalja (poput živaca) nego i sličnih patoloških supstrata dajući nam informacije i o samom karakteru patološke tvorbe. Prednost magnetske rezonancije nad drugim radiološkim metodama oslikavanja (»imaging« metodama) središnjeg živčanog sustava su upravo mogućnost multiplanarnog prikaza (prikaza u različitim ravninama), dobar prikaz mekotkivnih struktura, visoka prostorna i kontrastna razlučivost, nekorištenje štetnog ionizacijskog zračenja, i mogućnost funkcijskog prikaza središnjeg živčanog sustava (SŽS) (1).

S obzirom na činjenicu da nema štetnog ionizirajućeg zračenja, indika-

cijsko područje magnetske rezonancije izrazito je široko i obuhvaća gotovo sva patološka stanja središnjeg živčanog sustava u djece: razvojne anomalije, toksične i metaboličke bolesti, bolesti bijele tvari mozga, hipoksično-ishemička oštećenja mozga i druge vaskularne bolesti, upalne bolesti, traumatska oštećenja u novorođenačkoj dobi i



Slika 1 Intrauterina MR dijagnostika: 3D GRE slika ploda u trbuhu majke

Figure 1 Prenatal MRI: 3D GRE image of the fetus

djetinjstvu, tumore središnjeg živčanog sustava, ali i praćenje stanja i razvoja neurorizičnog djeteta. Pregled središnjeg živčanog sustava može započeti već i u intrauterinom razdoblju djetetova života, a kada je otkrivanje eventualnih razvojnih anomalija izuzetno korisno (Slika 1) (1).

MR U DJECE S EPILEPSIJOM

Etiologija, kliničko ispoljavanje i prognoza epileptičkih poremećaja u djece vrlo je različita. Različite su i dijagnostičke metode koje se koriste u praćenju takvih bolesnika. No, među radiološkim metodama, MR je svakako morfološka „neuroimaging“ metoda izbora u obradi djece s epilepsijama. Neke od abnormalnosti SŽS prikazane MR-om kao što su difuzna kortikalna atrofija, poremećaji u mijelinizaciji bijele tvari mozga ili arahnoidalna cista, jasno se mogu povezati s elektro-kliničkim podacima vezanima uz epilepsiju (2).

Malformacije kore velikog mozga nađene su s većom učestalošću u bolesnika s parcijalnom epilepsijom. S obzirom da su malformacije moždane kore prisutne u više od 10% djece s epilepsijom, kortikalna malformacija treba biti isključena u svakog pedijatrijskog pacijenta s neidiopatskim epileptičkim sindromom (3).

S obzirom da su neke kortikalne malformacije uzrokovane kromozomskim mutacijama, otkrivanje takvih promjena mozga važno je ne samo za planiranje

kirurškog liječenja, nego i za genetsko savjetovanje roditelja. Malformacije moždane kore najčešće se dijele na:

a) Malformacije razvoja i proliferacije stanica

- Mikrolizencefalija kod koje se MR-om nađu reducirani sulkusi i plitki girusi zbog smanjene proliferacije neurona i glije u germinalnom području (11);
- Žarišna kortikalna displazija ima na MR-u polimorfne znakove: promjene u volumenu, intenzitetu signala i morfologiji sive tvari u zahvaćenom dijelu moždane kore, neoštru granicu sive i bijele tvari, široke giruse i neravne okolne sulkuse;
- Hemimegalencefaliju otkrivamo prikazom povećanja zahvaćene hemisfere i postranične komore čije su konture neravne, a rog izvučen, korteks je displastičan sa širokim girusima, plitkim sulkusima i zadebljalom sivom tvari.

b) Malformacije zbog poremećaja u migraciji neurona

- Lizencefalija: MR nalaz je karakterističan i predstavlja glatku površinu mozga, reduciranu bijelu tvar, nezrele moždane komore, te široke i strme Silvijeve fisure (Slika 2);
- Heterotopija kod koje MR jasno prikazuje abnormalan položaj sive tvari u područjima gdje se normalno ne nalazi, bilo da se radi o subkortikalnoj, subependimalnoj ili „band“ heterotopiji (Slike 3 i 4);



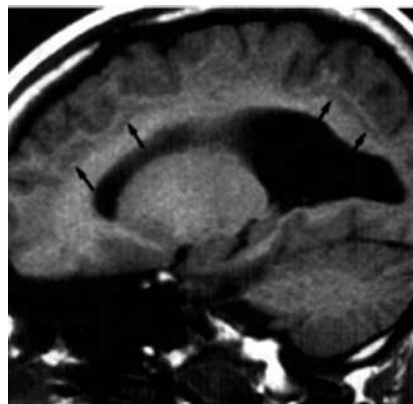
Slika 2 Lizencefalija: „glatka“ površina velikog mozga sa redukcijom sulkusa i girusa

Figure 2 Lissencephaly: „smooth“ surface of the cerebrum with sulci and gyri reduction

- Walker-Warburg sindrom (lizencefalija tip II) sa glatkom površinom mozga, neravnim područjem sive tvari i zadebljanim moždanim ovojnica.

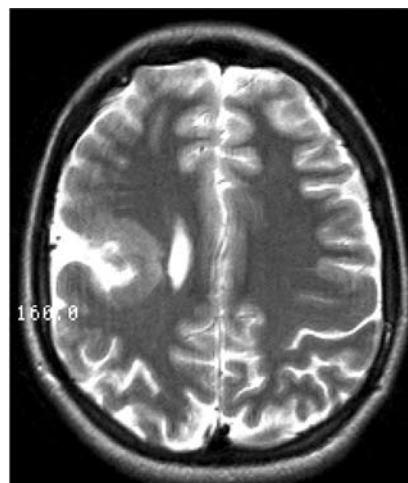
c) malformacije zbog poremećene kortikalne organizacije

- Polimikrogirija sa brojnim i malenim girusima koji su ponekad tako maleni da imaju pseudopahigirijski uzorak, obično su smješteni oko Silvijeve fisura, uz široke vaskularne strukture koje treba razlučiti od pravih vaskularnih malformacija, a što MR sa visokom sigurnošću omogućuje.



Slika 3 Laminarna heterotopija sive tvari: periventrikularno smještena siva tvar (strelice)

Figure 3 Laminar heterotopy of the grey matter: periventricular localisation of the grey matter (arrows)

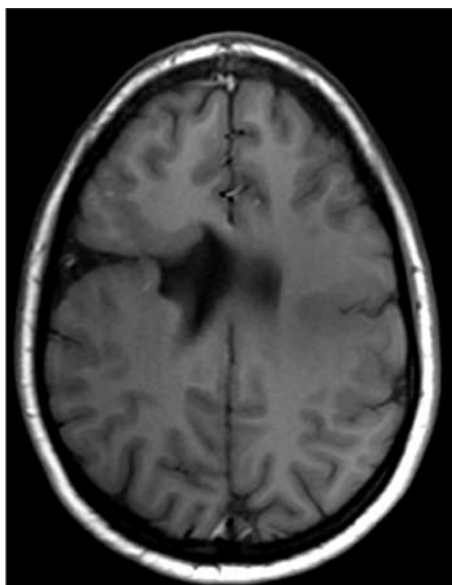


Slika 4 Žarišna heterotopija sive tvari: duboko zavlčenje sive tvari u periventrikularnu bijelu tvar mozga

Figure 4 Focal heterotopy of the grey matter: deep insertion of the grey matter into periventricular white matter

- Shizencefalija se javlja sa rascjepom moždanog parenhima kroz hemisferu od endodima do moždanih ovojnica, a rascjep je obložen sivom tvari i obično smještenim frontalno ili parijetalno (Slika 5).

Među ostalim brojnim malformacijama mozga otkrivenim MR-om, a koje



Slika 5 „Open lip“ shizencefalije

Figure 5 „Open lip“ schizencephaly

se povezuju sa epilepsijama najčešće su: hipotalamički hamartom, ageneza korpusa kalozuma (Slike 7 i 8), ageneza septuma peluciduma, holoprosencefalija, hidranencefalija, porencefalije odnosno encefalocelije, ali epilepsiju vidamo i kod djece s drugim anomalijama, npr. s Arnold Chiari malformacijom (Slika 6).

Promjene u volumenu temporalnog režnja mozga, ožiljne promjene u njemu,



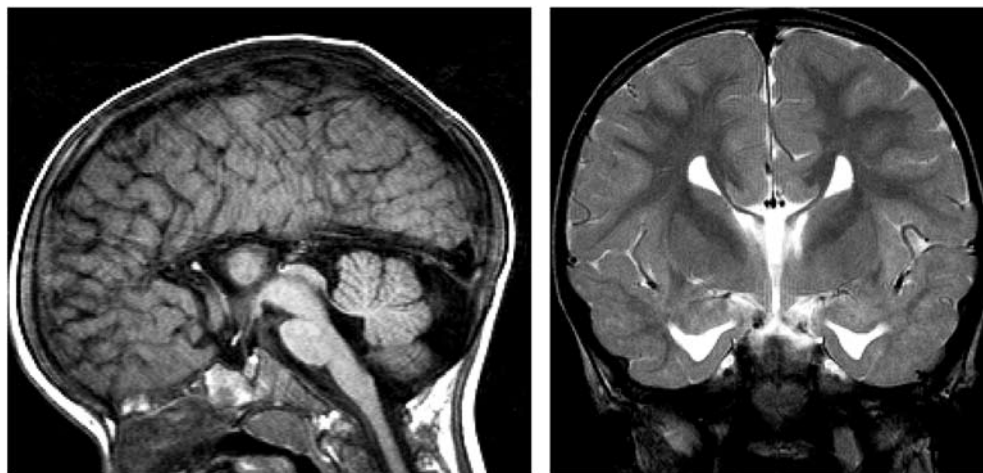
Slika 6 Arnold Chiari malformacija: hernijacija tonzila malog mozga kroz foramen magnum uz stanjen korpus kalozum

Figure 6 Arnold Chiari malformation: herniation of the cerebellar tonsils through foramen magnum and thinning of the corpus callosum



Slika 7 Hipoplazija korpusa kalozuma: izrazito stanjen korpus kalozum

Figure 7 Hypoplasia of the corpus callosum: markedly thin corpus callosum



Slika 8 Ageneza korpusa kalozuma: nedostatak korpusa kalozuma sa posljedičnim tipično oblikovanim ventrikularnim sustavom.

Figure 8 Agenesis of the corpus callosum: absence of the corpus callosum with typically shape of the ventricular system

hipokampalna skleroza, koja je rjeđa u djece nego u odraslih, a izrazito rijetka prije 12. godine života, viđene su MR-om u djece s epilepsijom (2, 3, 4).

Ponekad postoji diferencijalno dijagnostički problem u razlikovanju tumora od kortikalne malformacije. Činjenice da je u okolini tumora sačuvana granica sive i bijele tvari mozga, te da tumor obično dovodi do „kompresivnog učinka“ na okolne strukture, a što se sve MR-om jasno može prikazati, od izrazite su nam koristi (3).

METABOLIČKE I TOKSIČNE BOLESTI

Metabolički i toksični poremećaji u djece uzrokuju vrlo raznoliku skupinu

promjena moždanog parenhima. Promjene obično uzrokuju biokemijski poremećaji jednog ili više metabolita. Te bolesti obično imaju zbunjujuću MR sliku: bijela tvar zahvaćena je primarno ili sekundarno, ventrikularni sustav i sulkusi obično su veći, zahvaćenost bazalnih ganglija i talamusa može biti uzrokovan promjenama i bijele, ali i sive tvari (1).

Kod evaluacije metaboličkih bolesti MR-om treba odrediti da li bolest zahvaća primarno sivu ili bijelu tvar mozga ili obje. Općenito, bolesti koje primarno zahvaćaju kortikalnu sivu tvar, pokazati će prominentne kortikalne sulkuse. Oni na MR slici produžuju vrijeme T1 i T2 relaksacije u akutnim stanjima, a skraćuju vrijeme T2 relaksacije u kroničnim stanjima (1).

Ako je promjenama zahvaćena samo bijela tvar, treba pažljivo analizirati subkortikalnu bijelu tvar zbog procjene zahvaćenosti subkortikalnih U-vlakana. Bilateralne i simetrične promjene frontalne bijele tvari uz zahvaćenost subkortikalnih U-vlakana i makrocefaliju, gotovo su specifični znakovi Alexander-ove bolesti. Difuzna subkortikalna zahvaćenost bijele tvari sa širenjem u kapsulu internu i kapsulu eksternu sugerira Canavan-ovu bolest, a što ćemo potvrditi vrlo visokom krivuljom NAA na MR spektroskopiji. Bilateralna, simetrična i periferna zahvaćenost bijele tvari bez makrocefalije treba pobuditi sumnju na galaktozemiju (6, 7).

Ako je promjena ograničena samo na duboku bijelu tvar mozga, talamusi bi trebali biti pomno analizirani. Promjene nađene bilateralno u talamusima sugeriraju Krabbe-ovu bolest. Ako su talamusi urednog izgleda, treba analizirati moždano deblo zbog zahvaćenosti specifičnih traktusa, posebno kortikospinalnog traktusa. Ako je specifični traktus (npr., kortikospinalni) zahvaćen, peroksizmalni poremećaj dolazi u obzir. Ako nije, u razmatranje treba uvrstiti metakromatsku leukodistrofiju, fenilketonuriju, Lowe-ovu bolest (okulocerebrorenalni sindrom), ali i u specifičnim stanjima oštećenja od iradijacije ili kemoterapije (7).

Uzorak smanjene mijelinizacije – dismijelinizacije, za razliku od oštećenja ili uništenja mijelinizacije, vidljiv je u Pelizaeus-Merzbacherovoj bolesti

i trihotiodistrofiji. Ponekad pojedine amino ili organske acidopatije imaju sličan izgled.

Nespecifični uzorci oštećenja bijele tvari mozga javljaju se uz zahvaćanje i duboke i površne bijele tvari, unilateralno ili difuzno ili bilateralno asimetrično. Ovdje ubrajamo kolagene vaskularne bolesti poput sistemskog lupusa eritematodusa (bilateralna asimetrična zahvaćenost bijele tvari), demijelinizirajuće bolesti poput multiple skleroze i akutnog diseminirajućeg encefalomijelitisa (bilateralno asimetrično uz zahvaćanje dubokih bazalnih struktura) (6-10).

Ako je promjenama zahvaćena samo siva tvar, treba razlučiti da li je promjena u kortikalnoj ili dubokoj sivoj tvari. Za potvrdu kortikalne zahvaćenosti sive tvari, MR-om nalazimo proširenje sulkusa, zadebljanje korteksa i promijenjen intenzitet signala kore mozga. Ako je zahvaćena samo kortikalna siva tvar trebamo razmišljati o ceroidnoj lipofuscinozi, mukolipidozi, bolestima odlaganja glikogena ili gangliozidozi. Ako je zahvaćena samo duboka siva tvar, promjena intenziteta signala i njegova lokacija su presudni. Zahvaćanje strijatuma (n. caudatus i putamen) nalazimo u mitohondrijskim poremećajima (primarno Leigh-ova bolest, MELAS i glutarična acidurija), Wilson-ova bolest, juvenilna Huntington-ova bolest, asfiksija i hipoglikemija. Mnoge od nabrojenih bolesti mogu se javiti udružene s oštećenjima i bijele tvari. Ako je oštećenje ograničeno samo na globus palidus, gotovo sa sigurnošću

se može govoriti o Hallervorden-Spatz-ovoj bolesti, propionskoj acidemiji, trovanju ugljičnim monoksidom ili kernikerusu (8).

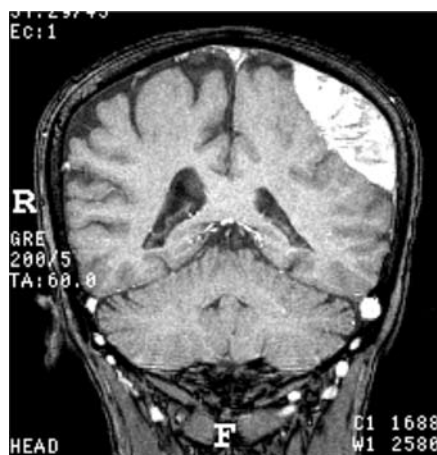
U slučaju prisustva kortikalne displazije i slabije mijelinizacije, diferencijalna dijagnoza obuhvaća generalizirani peroksizmalni poremećaj poput Zellweger-ovog sindroma, kongenitalnu infekciju citomegalo virusom, Fukuyama kongenitalnu mišićnu distrofiju i Walker-Warburgov sindrom. Ako uz promjene sive i bijele tvari nalazimo promjene i na kostima tada trebamo razmatrati bolesti nakupljanja, primarno mukopolisaharidozu i poremećaje odlaganja lipida (9).

Kada promjene nalazimo u dubokoj sivoj tvari, diferencijalna dijagnoza ovisi o tome koje su jezgre zahvaćene (talamus – Krabbe-ova bolest, gangliozidoza, neonatalna asfiksija; globus palidus – Canavan-ova bolest, Kearns-Sayre-ov sindrom, metilmalonična ili propionska acidemija, trovanje ugljičnim monoksidom; putamen i nukleus kaudatus – Leigh-ova bolest, MELAS, Wilson-ova bolest, dječija asfiksija ili hipoglikemija (7, 10).

TRAUMA ŠZS

Iako je izgled traumatskog oštećenja mozga u djece i odraslih gotovo identičan, uzrok takvog oštećenja je različit. Teže traumatsko oštećenje mozga djece mlađe od 2 godine češće je vezano uz zlostavljanje djeteta nego uz nesretni slučaj.

U akutnom stadiju traumatskog oštećenja MR može biti zamijenjen CT-om (CT je izuzetno osjetljiv za prikaz akutnog krvarenja i omogućuje otkrivanje koštanog prijeloma, CT pregled je kraći, akutno traumatizirano dijete često zahtijeva „monitoring“ vitalnih funkcija dodatnim uređajima, a što otežava ili onemogućuje pregled u magnetskom polju u kojem se nalazi MR uređaj), a MR je indiciran u kroničnom stadiju za procjenu konačnog stanja posttraumatskih promjena mozga. Primjenom MR-a moguće je jasno utvrditi postojanje subduralnog ili epiduralnog hematoma (Slika 9), subarahnoidalne



Slika 9 Epiduralno krvarenje: desno parijetalno bikonkavno oblikovana tvorba koja odgovara epiduralnom hematomu

Figure 9 Epidural haemorrhage: biconcave formed haematoma in right parietal cerebellar region

hemoragije (Slika 10), kontuzije mozga i posebno znakova unutarnje cerebralne



Slika 10 Subarahnoidalno krvarenje: znakovi krvarenja u subarahnoidalnim prostorima Silvijevih fisura te falksa cerebri

Figure 10 Subarachnoidal haemorrhage: signs of haemorrhage in subarachnoidal spaces of the Sylvian fissures and falx cerebri



Slika 11 Uzorak unutarnje cerebralne traume: znakovi ranijeg krvarenja u području talamusa

Figure 11 Pattern of inner cerebral trauma: signs of earlier haemorrhage in thalamus

(difuzne aksonalne) traume (Slika 11). Sve vrste hidrocefalusa s mogućnošću dobrog prikaza Sylvijevog akvedukta, također su indikacija za MR pregled (11).

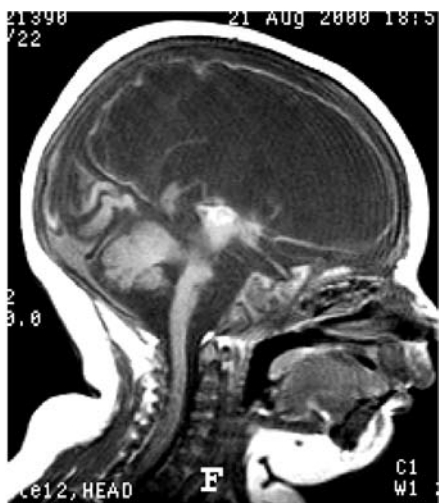
UPALA SŽS

Iako su infekcije česte u dječijoj dobi, zahvaćanje središnjeg živčanog sustava upalom je rjeđe. Rano prepoznavanje upale SŽS-a u djece, posebice novorođenčadi, od izrazite je važnosti, s obzirom da neprepoznata upala može izazvati znatna oštećenja mozga. Znakovi upale SŽS na slikovnom prikazu podjednaki su i u djece i u odraslih. No, epidemiologija, kao i uzročnici različiti su (12).

Za infekciju fetalnog živčanog sustava važno je vrijeme kada je ona nastala. Općenito, ako se javila u prva dva trimestra fetalnog razvoja rezultirati će kongenitalnim malformacijama, a ako se javila u trećem trimestru uzrokovati će destruktivno oštećenje mozga. Druga važna činjenica vezana za prenatalnu infekciju je ta da nezreli mozak na oštećenje ne odgovara stvaranjem glijalnog tkiva, već moždani parenhim potaknut imunološkim odgovorom nadomješta oštećeno tkivo. Među najčešćim kongenitalnim infekcijama su citomegalovirusna infekcija, toksoplazmoza, herpes simpleks infekcija i rubeola. Kod infekcije citomegalo virusom nalazimo mikrocefaliju s polimikrogirijom ili drugim oblicima kortikalne displazije, oštećenja i gliozu bijele tvari, zakašnjelu mijelinizaciju,

intraparenhimske kalcifikacije i znakove cerebelarne hipoksije. MR nalaz je sličan i kod toksoplazmoze, ali je kortikalna displazija kod toksoplazmoze izrazito rijetka, za razliku od CMV infekcije (13).

Kod herpes simpleks tip 1 infekcije promjene su tipično smještene u anteromedijalnom dijelu temporalnog režnja sa tendencijom širenja na inzularni korteks i orbitalni dio frontalnog režnja. Giriformni uzorak imbibicije vidljiv je nakon primjene kontrastnog sredstva (Slika 12).



Slika 12 Herpes simpleks infekcija – sekvele
Figure 12 Herpes simplex infection - sequels

Izuzev rijetkih slučajeva, dijagnoza meningitisa, kao najčešćeg oblika upale SŽS u djece, postavlja se na osnovu kliničkih simptoma i nalaza analize likvora. Metode oslikavanja korisne su

u praćenju komplikacija meningitisa kao što su hidrocefalus, tromboza dubokih i kortikalnih vena, te venskih sinusa (Slika 13)(14).



Slika 13 MR venografija – tromboza sinusa sagitalisa superior
Figure 13 MRI venography – thrombosis of the sinus sagittalis superior

Specifičnost apscesa u novorođenčadi i male djece je, da su oni relativno veliki uz tanku stijenku, a što pogoduje brzom širenju. Apscesne šupljine obično zahvaćaju više režnjeva sa predominacijom za frontalni režanj. MR značajke bakterijskog apscesa mozga karakteristične su. U 1. stadiju – cerebritis izgleda kao područje heterogenog višeg intenziteta signala na T1 i T2 sekvencama, postoji mrljasta imbibicija nakon primjene paramagnetskog kontrastnog sredstva. U kasnom 2. stadiju cerebritis - rani apsces

okružen je stijenkom visokog intenziteta signala na T1 i niskog na T2 sekvenci, uz dobru imbibiciju stijenke kontrastnim sredstvom. Stadij 3 – subakutni apsces ima stijenku visokog intenziteta signala i na T1 i T2 sekvenci, a u 4. kroničnom stadiju stijenka postaje izointenzivna na T1 i hipointenzivna na T2 sekvenci i dobro se imbibira kontrastom.

TUMORI SŽS

Tumori središnjeg živčanog sustava (SŽS) predstavljaju 15% do 20% svih primarnih tumora, i nakon leukemije, najčešći su tumori dječijedobi. Podjednaka je zastupljenost tumora stražnje lubanjske jame i onih smještenih supratentorijski. Međutim, supratentorijski tumori češće se javljaju u prve dvije godine života, dok su infratentorijski tumori češći u dobi od treće do jedanaeste godine života. Tumori obje lokacije izjednačavaju se po učestalosti u djece starije od 10 godina. Nakon toga predominaciju preuzimaju ponovo supratentorijski tumori (1, 15).

Simptomi u djece s tumorima SŽS u ovisnosti su o dobi kada se tumor javlja. U novorođenčadi, od simptoma dominiraju makrokranij, mučnina, povraćanje i pospanost. Starija djeca imaju iste simptome, te dodatno: glavobolju, epileptičke napade, ispad vidnog polja, žarišne neurološke ispade kao što su ataksija, hemipareza, simptomi kompresije kranijalnih živaca, odnosno klinička slika se ne razlikuje bitnije od one kod odraslih bolesnika. Tumori koji

se razvijaju u području hipotalamusa obično dovode do endokrine disfunkcije, kao što su dijabetes insipidus, poremećaji rasta ili preuranjeni pubertet.

Tumori SŽS uobičajeno se prepoznaju radiološkim metodama oslikavanja: kompjutoriziranom tomografijom (CT) i magnetskom rezonancijom (MR), te ultrazvukom (UZV).

Ultrazvuk je dijagnostička metoda izbora u djece s otvorenom fontanelom, često je »screening« metoda zbog svoje široke dostupnosti, jednostavnosti izvođenja i niske cijene pregleda. Nedostatak ove metode je što je jako ovisna o pregledavaču.

Iako je CT dijagnostička metoda oslikavanja koja se vjerojatno najčešće koristi u dijagnosticiraju intrakranijskih neoplazmi, upotreba MR je sve učestalija zbog mogućnosti multiplanarnog prikaza struktura, a što je od izuzetne važnosti u procjeni proširenosti tumorske tvorbe i njenog odnosa prema okolnim strukturama. MR je posebno koristan u evaluaciji tumora stražnje lubanjske jame, gdje artefakti od okolne kosti onemogućuju suficijentnu analizu CT-om. Uz navedeno, MR je osjetljiviji od CT-a u prikazu širenja tumora kroz subarahnoidalni prostor, a što je često u tumora dječije dobi (1,15).

Kada se CT koristi kao dijagnostička metoda izbora obrade bolesnika s tumorom mozga, bolesniku je potrebno učiniti CT slojeve prije (nativni slojevi) i nakon aplikacije kontrastnog sredstva, a snimanje se obavlja u transverzalnoj ravnini. Ponekad se koriste i frontalni

slojevi, a za što se mora mijenjati osnovni položaj bolesnika kao i nagib kućišta CT uređaja (pri snimanju konvencionalnim CT uređajima). Danas je sve učestalija upotreba spiralnog CT uređaja koji omogućava rekonstrukcije slike u različitim ravninama.

Kod pregleda magnetskom rezonancijom, snimanje se obavlja u sve tri ravnine: transverzalnoj (aksijalnoj), frontalnoj (koronarnoj) i sagitalnoj primjenjujući različite tehnike snimanja (sekvence). Uobičajeni protokol za prikaz tumora mozga obuhvaća T1 mjerenu sekvencu prije primjene paramagnetičnog kontrastnog sredstva, T2 mjerenu sekvencu, FLAIR sekvencu te T1 mjerenu sekvencu u sve tri ravnine nakon primjene paramagnetičnog kontrastnog sredstva. Paramagnetično kontrastno sredstvo primjenjuje se u dozi od 0,1 mg/kg tjelesne težine u jednom intravenskom bolusu neposredno prije snimanja.

CT je specifičniji od MR-a u procjeni histološkog tipa tumora. Tumori malih okruglih stanica, poput germinoma i meduloblastoma su izodenzni ili hiperdenzni u usporedbi s normalnim parenhimom mozga prije aplikacije kontrastnog sredstva, dok su astrocitomi u dječijoj dobi gotovo uvijek hipodenzni. Tako se supraselarni germinom CT-om može rezlikovati od supraselarnog astrocitoma ili meduloblastom od cerebelarnog astrocitoma. Ova diferencijacija je teža korištenjem MR-a. Prisustvo kalcifikacija, što je korisno u karakteriziranju kraniofaringeoma i teratoma, sigurnije se otkriva CT-om nego

MR-om. Ostale karakteristike tumora, kao npr. prisustvo krvarenja različite starosti, preciznije se otkriva MR-om. No dodatni podaci o anatomskim strukturama i putevima širenja tumora, osjetljivost u razlikovanju mekotkivnih struktura, te izostanak štetnog ionizirajućeg zračenja, dovoljna su kompenzacija MR-u za slabiju specifičnost s obzirom na preoperativnu histološku procjenu vrste tumora. Prednost CT-a je i u široj dostupnosti pregleda i nižoj cijeni njegovog koštanja. Također, sam CT pregled kraće traje, dok se djeca za MR pregled trebaju često sedirati ili anestezirati. Prednost MR-a je u mogućnostima funkcionalnih tehnika koje omogućuju ne samo uvid u anatomske detalje, nego i u funkciju pojedinih tkiva i organa. Metode funkcijskog MR-a koje se koriste u tumorskoj patologiji su: tehnika difuzije (DWI), tehnika perfuzije (PWI) i MR spektroskopija. Tehnike difuzije i perfuzije zasnivaju se na prikazu difuzije »magnetski označenih« protona vode u mozgu u gotovo realnom vremenu, odnosno perfuzije kontrastnog sredstva u moždanoj mikrocirkulaciji s dobrom prostornom i vremenskom rezolucijom. Kod tumorskog tkiva poremećene su difuzija i perfuzija što omogućuje vrlo ranu dijagnostiku tumora. MR spektroskopija, tehnika je koja nam omogućuje »in vivo« razlikovanje različitih metabolita pregledavanog tkiva. Analiza tumorskog tkiva magnetskom spektroskopijom nastoji »in vivo« postaviti histološku dijagnozu pojedinih tumora. Osim približavanja histološkoj dijagnozi, MR spektroskopija korisna je

i u procjeni uspjeha liječenja tumora, npr. u razlikovanju postoperativne glioze od recidiva tumora, stupnja postiradijacijske nekroze tumora i dr. (1, 15).

Razlikovanje tumora od normalnog moždanog parenhima radiološkim metodama oslikavanja zasniva se na različitom apsorpiranju rendgenskih zraka od strane tkiva različite gustoće kod CT-a, odnosno na različitim intenzitetima signala tkiva različite kemijske strukture kod MR-a, »mass effect« -u odnosno kompresivnom učinku i pomicanju normalnih anatomskih struktura mozga tumorskom tvorbom (Slika 14), te patološkoj imbibiciji tumorske tvorbe nakon intravenske primjene kontrastnog sredstva.

Gotovo svi tumori mozga su hipodenzni u usporedbi s normalnim moždanim parenhimom na nekontrastnim



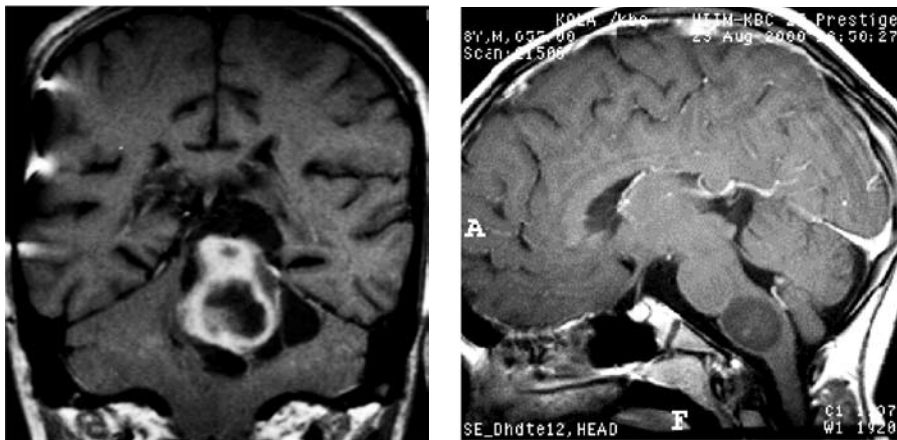
Slika 14 *Velika cisterna magna: cistična tvorba stražnje lubanjske jame u mediasagitalnoj liniji*

Figure 14 *Large cisterna magna: cystic formation of the posterior fosse in medio-sagittal line*

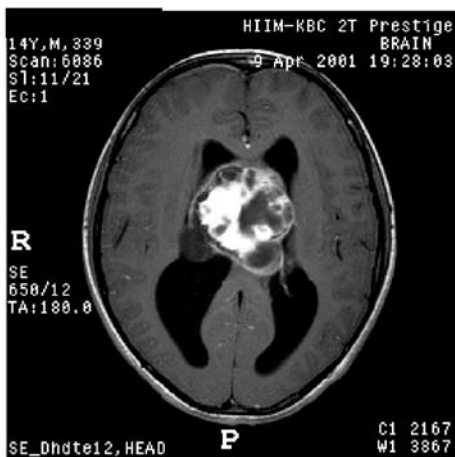
CT slojevima, hipointenzivni su u odnosu na mijeliniziranu bijelu tvar na T1 mjerenoj MR slici i hiperintenzivni u odnosu na mijeliniziranu bijelu tvar na T2 mjerenoj MR slici. Prisustvo krvarenja, nekroze, kalcifikacija, te uzorak i intenzitet imbibicije kontrastom pomažu u diferenciranju tumora, ali može biti i različito među tumorima iste histološke skupine (Slike 15 – 18).

Imbibicija tumora kontrastnim sredstvom rezultat je poremećene krvno-moždane barijere. U normalnom mozgu, jedine strukture koje se imbibiraju kontrastnim sredstvom su korioidalni pleksus, hipofiza i njen infundibulum, te pinealna žljezda. Moždani tumori imbibiraju se različito intenzivno, a primjena kontrastnog sredstva povećava osjetljivost i specifičnost kako CT-a tako i MR-a u evaluaciji tumora mozga.

Svi tumori u principu pokazuju kompresivni učinak (»mass effect«). U slučaju spororastućih, perifernih tumora kompresivni učinak dovodi do širenja ili erodiranja kostiju lubanje. Brzorastući i središnje smješteni tumori dovode do pomaka anatomskih struktura koji može dovesti do hernijacije moždanog tkiva kroz ili pored čvrstih struktura kao što su falks cerebri, tentorijum cerebeli ili foramen magnum. Supratentorijske tumorske tvorbe uzrokuju obično hernijaciju prema kaudalno kroz tentorijske otvore, dok infratentorijske tvorbe hernijiraju prema kranijalno. Transtentorijska hernijacija rezultira pritiskom na mezencefalom sa sekundarnim učinkom na micanje očiju i konstrikciju papile. Ona također



Slika 15 Pilocitički astrocitom dva različita pacijenta: u području cerebeluma (prva slika) i produžene moždine (druga slika) miješana cistično-solidna tumorska tvorba
Figure 15 Polycystic astrocytomas of the two different patients: in cerebellum (first image) and medulla oblongata (second image) heterogeneous tumour formation with cystic and solid components



Slika 16 PNET: tumorska tvorba koja se "utiskuje" između postraničnih komora i koja ima cistični i solidni dio
Figure 16 PNET: tumor that intrudes between lateral ventricles and has cystic and solid components



Slika 17 Intrakranijske metastaze: višestruke parenhimske lezije koje se dobro imbibiraju nakon primjene kontrastnog sredstva
Figure 17 Intracranial metastases: multiple parenchymal lesions with good contrast enhancement after contrast medium administration



Slika 18 Metastaze duž dure spinalnog kanala: višestruke intramedularne lezije vratne medule koje se dobro imbibriraju nakon primjene kontrastnog sredstva

Figure 18 Metastases in spinal canal: multiple intramedullary lesions with good contrast enhancement after contrast medium administration

može dovesti i do kompresije stražnje cerebralne arterije između mezencefalona i tentorija s posljedičnim jednostranim ili obostranom infarkt u opskrbnom području stražnje cerebralne arterije. Hernijaciju cerebelarnih tonzila kroz foramen magnum mogu uzrokovati i infra i supratentorijske tvorbe, a što za posljedicu može imati poremećaje disanja (1, 15).

Kada je tumorska tvorba otkrivena, potrebno je odrediti da li ona pripada moždanom parenhimu ili ne, odnosno

da li je intra ili ekstraparenhimska (sinonim: intra ili ekstraaksijalna). Drugim riječima, treba odrediti da li tumorska tvorba polazi od moždanog parenhima ili od vanparenhimskih struktura kao što su moždane ovojnice, korioidalni pleksus, subarahnoidalni prostor. Ekstraparenhimske tvorbe obično potiskuju moždani parenhim (npr. mozak može biti odmaknut od kosti ili dure šireći moždane cisterne), rjeđe ga infiltriraju. One su dobro ograničene od moždanog parenhima, sa ili bez minimalnog perifokalnog edema. Intraparenhimske tvorbe polaze od moždanog parenhima s tendencijom pritiska na cisterne i sulkuse, nisu jasno odvojene od okolnog zdravog parenhima i obično mijenjaju ili brišu normalnu arhitektoniku moždanog parenhima stvarajući nepravilan perifokalni edem. Ali razlučivanje da li je tvorbom ekstra ili intraparenhimska uvijek nije jednostavno i lagano. Intraparenhimske tvorbe mogu biti egzofitične, širiti moždane cisterne, kao što i ekstraparenhimske tvorbe mogu infiltrirati moždani parenhim i stvarati okolni edem.

U diferencijalnoj dijagnozi tumora mozga, infarkt i upala mogu imitirati izgled tumora, no u razlučivanju nam pomaže izgled, uzorak kontrastne imbibiције, lokalizacija s obzirom na distribuciju vaskularne opskrbe mozga, te anamneza i klinička slika (1, 15).

S obzirom na dijagnostičke mogućnosti svih radioloških metoda u otkrivanju i praćenju patoloških stanja i promjena središnjeg živčanog sustava u dječijoj

dobi, njihove prednosti i ograničenja, te dostupnost pojedinih uređaja malenim pacijentima, u dijagnostičkom algoritmu kod djece sa još otvorenom fontanelom prvo mjesto treba zauzimati ultrazvučni pregled prvenstveno kao »screening metoda« i to zbog široke dostupnosti pregleda, njegove neškodljivosti i niske cijene koštanja. Na drugom mjestu je kompjutorizirana tomografija, kojom će se zasigurno dijagnosticirati najviše patoloških promjena središnjeg živčanog sustava u dječijoj dobi jer je metoda široko rasprostranjena i još uvijek dostupnija od magnetske rezonancije. No, najviše informacija važnih kliničaru o središnjem

živčanom sustavu ipak će dati magnetska rezonancija, bilo svojim tehnikama morfološkog ili tehnikama funkcionalnog prikaza. Njena prednost je u nepostojanju štetnog ionizirajućeg zračenja, kao kod CT-a, mogućnost multiplanarnog prikaza anatomskih struktura i patoloških promjena, izvanredan prikaz mekotkivnih struktura, dobra prostorna i kontrastna rezolucija, te mogućnost ne samo morfološkog nego i funkcijskog snimanja središnjeg živčanog sustava. Sve to nabrojeno ističe danas MR ipak kao dijagnostičku metoda izbora u otkrivanju i evaluaciji stanja i promjena središnjeg živčanog sustava općenito, a posebice u dječijoj dobi.

LITERATURA

1. Barkovich J.A. Pediatric Neuroradiology. Lippincott Williams & Wilkins; 4th edition, 2005.
2. Medina LS, Bernal B, Dunoyer C, Cervantes L, Rodriguez M, Pacheco E, Jayakar P, Morrison G, Ragheb J, Altman NR. Seizure disorders: functional MR imaging for diagnostic evaluation and surgical treatment-prospective study. *Radiology*. 2005; 236 (1): 247-53.
3. Dulac O. Issues in paediatric epilepsy. *Acta Neurol Scand*. 2005;182:9-11.
4. Lortie A, Plouin P, Chiron C, Delalande O, Dulac O. Characteristics of epilepsy in focal cortical dysplasia in infancy. *Epilepsy Res*. 2002;51:133-45.
5. Dobyns WB, Truwit C.L. Lissencephaly and other malformations of cortical development: 1995 update. *Neuropediatrics*. 1995;26(3):132-47.
6. Wilson CJ, Pronk JC, Van der Knaap MS Vanishing white matter disease in a child presenting with ataxia. *J Paediatr Child Health*. 2005;41(1-2):65-7.
7. Patay Z. Diffusion-weighted MR imaging in leukodystrophies. *Eur Radiol*. 2005;15 (11): 2284-303.
8. Atalar MH, Egilmez H, Bulut S, Icagasioglu D. Magnetic resonance spectroscopy and diffusion-weighted imaging findings in a child with Leigh's disease. *Pediatr Int*. 2005;47(5):601-3.
9. Sener RN. Walker-Warburg syndrome: diffusion MR imaging. *J Neuroradiol*. 2005;32(3): 213-5.
10. Sener RN. Canavan disease: diffusion magnetic resonance imaging findings. *J Comput Assist Tomogr*. 2003;27(1):30-3.
11. Bešenski N. Traumatic injuries: imaging of head injuries. *Eur Radiol*. 2002;12(6):1237-52.
12. Mendonca RA. Editorial: MRI of central nervous system infections. *Top Magn Reson Imaging*. 2005;16(2):125-6.

13. Silvia MT, Licht DJ. Pediatric central nervous system infections and inflammatory white matter disease. *Pediatr Clin North Am.* 2005;52: 1107-26.
14. Kamra P, Azad R, Prasad KN, Jha S, Pradhan S, Gupta RK. Infectious meningitis: prospective evaluation with magnetization transfer MRI. *Br J Radiol.* 2004 May;77(917):387-94.
15. Barnes PD, Kupsky WJ, Strand RD. Cranial and intracranial tumors. U: Wolpert SM, Barnes PD. *MRI in pediatric neuroradiology*, Mosby, St. Louis, 204-98.