

Jerzy Walecki, Elżbieta Chojnacka

Zakład Diagnostyki Radiologicznej i Obrazowej CMKP w Warszawie

Diagnostyka obrazowa guzów wewnątrzczaszkowych. Część I — guzy neuroepitelialne

Imaging diagnostic of brain tumors. Part I — neuroepithelial tumors

Adres do korespondencji:

prof dr hab. n. med. Jerzy Walecki
Zakład Diagnostyki Radiologicznej
i Obrazowej, CMKP
ul. Wołoska 137, 02-507 Warszawa
tel./faks: (022) 508 15 60
e-mail: jerzywalecki@o2.pl

STRESZCZENIE

W pracy omówiono obraz neuroepitelialnych guzów mózgu w badaniu tomografii komputerowej (CT) i rezonansu magnetycznego (MR). Badania te są obecnie metodami referencyjnymi w diagnostyce neuroonkologicznej; metoda MR wydaje się szczególnie ważna w rozpoznawaniu i różnicowaniu nowotworów mózgu, stanowi bowiem bazę dla nowoczesnej chirurgii sterotaktycznej, a dzięki badaniom funkcjonalnym pozwala na wykonywanie precyzyjnych i oszczędzających zabiegów chirurgicznych.

Autor koncentruje się na podstawowych cechach różnicujących stopień złośliwości guzów mózgu; w następnych częściach opracowania (II i III) przedstawione zostaną nowotwory pochodzenia mezenchymalnego i problemy diagnostyczne związane ze wznową guza mózgu.

Słowa kluczowe: neurodiagnostyka guzów mózgu, symptomatologia CT i MR, guzy neuroepitelialne (glejaki)

ABSTRACT

Focusing on neuroepithelial tumors (mainly gliomas) the author describes CT and MR image of brain tumors. Both methods are the diagnostic gold standard in neurooncology. MR is particularly important in diagnosing and differentiation. This method gives opportunity to assess structure, function, biochemical profile and molecular structure (in the nearest future). Furthermore, on the basis of MR modern stereotactic surgery and conventional neurosurgery can be performed in a more sparing manner.

The author concentrates on typical features of brain tumors in CT and MR. In the following chapters of this study mesenchymal tumors and tumor's recurrence are presented.

Key words: neurodiagnostics of brain tumors, CT, MR features of brain tumors, gliomas

Onkologia w Praktyce Klinicznej
Tom 3, nr 4, 177–197
Copyright © 2007 Via Medica
ISSN 1734-3542
www.opk.viamedica.pl

Wstęp

Wprowadzenie do praktyki klinicznej tomografii komputerowej (CT, *computed tomography*), rezonansu magnetycznego (MR, *magnetic resonance*), tomografii komputerowej pojedynczego fotonu (SPECT, *single photon emission-computed tomography*) oraz pozytonowej tomografii komputerowej (PET, *positron emission tomography*) w zasadniczy sposób zmieniło możliwości rozpoznawania i różnicowania guzów ośrodkowego układu nerwowego (OUN). Metody te charakteryzują się wysoką rozdzielczością liniową i kontrastową, możliwościami oceny

charakteru tkanki (wysoka specyfika tkankowa), jej unaczynienia, metabolizmu oraz innych cech złośliwości. Szczególnie ważną rolę w diagnostyce neuroonkologicznej odgrywa PET — metoda pozwalająca na ocenę aktywności metabolicznej tkanek, różnicująca guz od innych zmian ogniskowych. Oprócz standardowej oceny metabolizmu glukozy w PET możliwa jest ilościowa ocena perfuzji oraz badanie układów receptorowych. Możliwość precyzyjnej diagnostyki obrazowej, uwzględniając ocenę strukturalną i funkcjonalną, w znacznym stopniu decyduje o wczesnym rozpoznaniu i efektach leczenia. Podstawowe kryteria diagnostyczne i prognostyczne w neu-

roonkologii to obraz histopatologiczny, cytogenetyka, aktywność proliferacyjna i przebieg kliniczny.

Cechy nowotworu wskazujące na złośliwość (anaplazję) guza to: polimorfizm i atypia komórek, wysoka aktywność mitotyczna, duża gęstość komórek w tkance guza, zaburzenie architektury tkankowej, naciekanie, obecność ognisk martwicy, rozrost naczyń krwionośnych (neoangiogeneza).

Prawie wszystkie te cechy stały się możliwe do interpretacji dzięki współczesnym metodom neuroobrazowym, zazwyczaj przy zastosowaniu kilku technik, chociaż wyjątek stanowi tu rezonans magnetyczny, którego możliwości są najszerze, obejmują bowiem zarówno ocenę struktury, funkcji, jak i zmian na poziomie genetycznym. Wzrost nowotworu (aktywność proliferacyjna) jest efektem działania dwóch przeciwstawnych procesów: *proliferaacji komórek guza oraz ich obumierania*; ocena proliferacji guza jest jednym z kluczowych elementów ustalania stopnia jego złośliwości i rokowania. Techniki neuroradiologiczne pozwalają na pośrednie obrazowanie aktywności proliferacyjnej guza, neoangiogenezy, zmian wstecznych, naciekania, gęstości komórkowej, transformacji i metabolizmu. W odniesieniu do nowotworów OUN szczególnie ważną rolę rokowniczą odgrywa także ich lokalizacja. Nowotwory wewnątrzczaszkowe, rozwijając się w ograniczonej strukturami kostnymi jamie czaszki, oddziałują bezpośrednio na okoliczne struktury mózgowia, doprowadzając jednocześnie do ciasnoty wewnątrzczaszkowej. Pogłębia ją dodatkowo obrzęk mózgu, a także wtórne niedokrwienie tkanek mózgowia.

W przypadku guzów zlokalizowanych w strukturach głębokich mózgowia (jądra podstawy, pień) lub w okolicach trudno dostępnych operacyjnie rokowanie jest niekorzystne także wówczas, gdy nowotwór nie wykazuje cech histologicznej złośliwości.

Charakterystyka najczęściej występujących guzów neuroepitelialnych

W dalszej części pracy przedstawiono zestawienie cech budowy morfologicznej i biologię poszczególnych glejaków. Symptomatologia neuroradiologiczna pokazuje, jak bardzo diagnostyka obrazowa zbliżyła się do metod uznanych za referencyjne w rozpoznawaniu i różnicowaniu guzów mózgowia [1].

Nowotwory gleju gwiaździstego

Gwiaździatek (WHO II°)

Gwiaździateki (*astrocytoma*) rozlane obejmują najliczniejszą i najbardziej niejednorodną pod względem bu-

dowy histologicznej grupę glejaków. Charakteryzują się wysokim stopniem zróżnicowania komórkowego, niskim stopniem złośliwości, powolnym wzrostem i naciekaniem sąsiednich struktur mózgowia. W badaniu mikroskopowym stwierdza się zatarcie granic anatomicznych.

Guzy te zwiększają swoją objętość, wykazując wczesną tendencję do tworzenia mukoidu z jednoczesnym pojawieniem się licznych torbielek lub pojedynczej dużej torbieli. W guzach tych niezwykle rzadko pojawiają się krwawienia i martwica. Gwiaździateki cechują się występowaniem mutacji genu P53 (odróżnia to genetycznie te guzy od skąpodrzewiaków). Obserwuje się je często na sklepiściach półkul mózgowych, zwłaszcza w okolicach czołowo-skroniowych i czołowo-ciemieniowych, choć mogą pojawiać się również we wszystkich innych obszarach mózgu. Mają tendencję do przekształcania się w formy złośliwe: gwiaździatek anaplastyczny i glejaka wielopostaciowego.

Dzieli się na trzy podtypy histologiczne: włókienkowe, protoplazmatyczne oraz tuczno komórkowe zgodnie z klasyfikacją Światowej Organizacji Zdrowia (WHO, *World Health Organization*), zależnie od dominującego w nich typu komórek.

Najczęściej stwierdzanym typem w tej grupie są gwiaździateki włókienkowe. Charakteryzują się obecnością licznych cytoplazmatycznych włókienek glejowych oraz niewielką liczbą naczyń włosowatych. Są to nowotwory o małym stopniu złośliwości, najczęściej występujące u dzieci i dorosłych w wieku 20–40 lat. Lokalizują się w różnych miejscach półkul mózgu, proporcjonalnie do obecnej tam istoty białej (naciek może również obejmować sąsiadującą korę mózgową), w pniu (50% wszystkich glejaków pnia).

Gwiaździateki protoplazmatyczne mają niewiele włókienek glejowych i są bogatsze w cytoplazmę od typu włókienkowego. Natomiast gwiaździateki gemistocytarne (tuczno komórkowe) składają się głównie z bogatych w cytoplazmę, okrągłych komórek o jądrach umieszczonych ekscentrycznie. W sąsiedztwie krętych naczyń stwierdza się często nacieki limfocytarne.

Gwiaździatek włosowatokomórkowy (WHO I°)

Gwiaździateki włosowatokomórkowe (*pilocytic astrocytoma*) stanowią 6% wszystkich guzów wewnątrzczaszkowych, a około 30% nowotworów glejowych u dzieci. Jest to glejak o astrocytalnej linii komórkowej, odmiennych cechach biologicznych w porównaniu z innymi niezłośliwymi gwiaździatekami. Utkanie mikroskopowe jest typowe, ponieważ widoczne są jednoczasowo astrocyty, liczne mikrotorbiele i włókna Rosenthala. Guz ten ma mały potencjał proliferacyjny, nie wykazuje tendencji do naciekania tkanek mózgu oraz do transformacji złośliwej. Gwiaździateki włosowatokomórkowe występują w chorobie von Recklinghausena (20–50% przy-

padków). Mogą pojawić się w całym ośrodkowym układzie nerwowym, jednak najczęściej stwierdza się je w półkulach lub robaku mózdzku (60%), w nerwach wzrokowych (20–30%) i w mózgowiu wzdłuż pasma wzrokowego oraz w pniu (5–10%); sporadycznie położony jest wewnątrzkomorowo. Często wykazuje cechy torbieli z guzkiem przyściennym. Zwapnienia obserwuje się w około 5% przypadków. Nie stwierdza się tendencji do naciekania tkanek mózgu oraz do transformacji złośliwej (jego złośliwą transformację opisywano kazuistycznie).

Gwiaździk podwyściółkowy olbrzymiokomórkowy (WHO I°)

Gwiaździk podwyściółkowy olbrzymiokomórkowy (*subependyma giant cell astrocytoma*) występuje w większości przypadków u chorych ze stwardnieniem guzowatym (choroba Bourneville). Stanowi blisko 1,5% wszystkich guzów wieku dziecięcego. Guz ten jest także rozpoznawalny w badaniach prenatalnych. Położony najczęściej w pobliżu otworu międzykorowego, po osiągnięciu dużych rozmiarów może powodować wodogłowie. Podstawowe utkanie to komórki gemistocytopodobne i wyraźnie włóknikowe podścielisko (makroskopowo tworzą tzw. guzki podwyściółkowe).

Żółtakogwiaździk pleomorficzny (WHO II°)

Żółtakogwiaździk pleomorficzny (*pleomorphic xanthoastrocytoma*) występuje u dzieci i młodych dorosłych. Lokalizuje się w okolicach nadnamiotowych w powierzchniowych warstwach kory skroniowej, rzadziej ciemieniowej i/lub w oponach miękkich. Charakterystyczna dla niego jest obecność torbieli z dużym guzkiem ściennym i typowe położenie na powierzchni mózgu imitujące często guz wychodzący z opon. W obrazie mikroskopowym stwierdza się bardzo duży polimorfizm komórkowy. Może ulegać transformacji złośliwej, obserwuje się wtedy dużą aktywność mitotyczną i ogniska martwicy.

Gwiaździk anaplastyczny (WHO III°)

Gwiaździki anaplastyczne (*anaplastic astrocytoma*) w przeważającej liczbie przypadków występują w wyższej grupie wiekowej niż gwiaździki o małym stopniu złośliwości. Objawy kliniczne są podobne do obserwowanych w gwiaździkach o małym stopniu złośliwości, ale przebieg choroby jest krótszy i bardziej dynamiczny. Są to nowotwory naciekające, z ogniskową lub rozproszoną anaplazją i nasilonym zwyrodnieniem drobnotorbielkowatym. Odnaczają się dużymi zdolnościami do proliferacji komórek. Powstają najczęściej z gwiaździków o małym stopniu złośliwości. Histologicznie dwa kryteria — jądrowa atypia oraz duża aktywność prolifera-

racyjna — pozwalają zakwalifikować je do III stopnia złośliwości. Wykazują obecność ognisk martwicy, torbieli lub ognisk krwotocznych. W klasyfikacji WHO guz ten określa się jako anaplastyczny nawet wtedy, gdy anaplazja jest tylko ogniskowa.

Glejak wielopostaciowy (WHO IV°) i jego odmiany

Glejaki wielopostaciowe (*glioblastoma*) stanowią około 10–18% wszystkich guzów wewnątrzczaszkowych, a 50–60% nowotworów gleju gwiaździstego. Są zbudowane ze słabo zróżnicowanych astrocytów z wyraźną atypią i polimorfizmem, a także z obszarami rozrostu naczyniowego. Są to najbardziej złośliwe guzy typu gwiaździkowatego. Odnaczają się wysoką złośliwością, są inwazyjne i niszczą sąsiadujące z nimi struktury. Guzy te cechują liczne aberracje strukturalne chromosomów, głównie zaś utrata chromosomów 10, 9, 14 oraz duplikacje chromosomu 7. Wiadomo obecnie, iż proces transformacji nowotworowej gwiaździków prowadzi do anaplazji i jest wynikiem zaburzeń genetycznych w zakresie antyjonkogenów znajdujących się na chromosomie 9q, 13q, 19q. Wzrost glejaka wielopostaciowego wiąże się z utratą jego heterozygotyczności (LOH, *loss of heterozygosity*).

Glejaki wielopostaciowe mogą powstawać w dowolnym miejscu mózgu, zwykle wykazując rozrost w kierunku podkorowym. Typową cechą tych guzów są duże i liczne ogniska martwicy. Obserwuje się także zwyrodnienia tłuszczowe, świeże albo starsze ogniska krwotoków (makroskopowo daje to dużą różnorodność obrazów), bardzo często rozszerzający się obwodowo duży obrzęk okołoguzowy. Rozpoznanie glejaka wielopostaciowego wymaga spełnienia kilku kryteriów histologicznych: atypii jądrowej, dużej aktywności mitotycznej, proliferacji (namnażania się) mikronaczyń i/lub ognisk martwicy. Glejak wielopostaciowy bywa niekiedy tak mocno unaczyniony, że przypomina malformację naczyniową lub zawał mózgu ze strefą nadmiernego przepływu (*luxury perfusion*).

Glejak wielopostaciowy olbrzymiokomórkowy (WHO IV°)

Glejak wielopostaciowy olbrzymiokomórkowy (*glioblastoma multi forme*) stanowi histologiczną odmianę glejaka wielopostaciowego, ze znaczną przewagą wielojądrowych komórek olbrzymich. Typowe objawy to naciekający wzrost oraz wrastanie do tkanek otaczających, mimo pozornie dobrego od nich odgraniczenia. Niekiedy występuje u dzieci, odznaczając się rozrostem wokół naczyń. Guz ten może powodować rozsiew drogą płynu mózgowo-rdzeniowego lub dawać przerzuty poza OUN.

Glejakowatość mózgu (WHO III°)

Występuje w każdej grupie wiekowej. Komórki nowotworu mają pochodzenie astrocytarne rzadziej skąpowypustkowe. Charakteryzują się podoponową akumulacją komórek nowotworowych, powodując „wybrzuszenie opony pajęczynówki”.

Naciekanie opony i rozśiew do przestrzeni płynowych są typowymi cechami guza.

Poza klasyfikacją WHO umieszczona jest glejakowatość opon, będąca odmianą omówionej wyżej glejakowatości mózgu. Nowotwór rozlegle nacieka różne struktury OUN. U dzieci zajmować może pień mózgu.

Glejakomięsak (WHO IV°)

Glejakomięsak należy do grupy glejaków wielopostaciowych, wywodzi się z komórek glejowych i mezenchymalnych (tkanki łącznej włóknistej). Jego powstanie jest rezultatem złośliwej transformacji komórek oraz proliferacji naczyń. Rozpoznawane są w zależności od komponenty komórkowej, przemieszanej w różnych proporcjach.

Rozsiany proces nowotworowy w postaci glejaka wielogniskowego może powstać poprzez: rozprzestrzenienie się glejaka pierwotnego, zwykle drogami płynu mózgowo-rdzeniowego lub wzdłuż aksonów, bądź wielogniskową degenerację złośliwą występującą w obszarach gwiazdziaka.

Nowotwory gleju skąpowypustkowego

Skąpodrzewiak (WHO II°)

Skąpodrzewiaki (*oligodendroglioma*) stanowią około 4% wszystkich guzów mózgu i 5–18% nowotworów pochodzenia glejowego. Występują głównie u osób w wieku dorosłym. Stwierdza się je przede wszystkim w półkulach mózgu, zwłaszcza w płatach czołowych i skroniowych, z wyraźną predylekcją do obwodowych obszarów kresomózgowia. W istocie białej skąpodrzewiaki szerzą się zwykle wzdłuż dróg nerwowych w kierunku kory. Typowe dla nich jest też tworzenie skupisk komórek nowotworowych wokół naczyń i w powierzchniowych podoponowych warstwach kory. Sporadycznie pojawia się naciekanie opon mózgowych przez proces rozrostowy. Z powodu długotrwałego ucisku mogą powstawać w sąsiedztwie guza obszary odkształconych struktur kostnych czaszki. Opisywano również pojedyncze przypadki guzów wewnątrzkomorowych. Lokalizacja wzgórzowa występuje głównie u dzieci.

Skąpodrzewiaki zbudowane są z gęsto upakowanych komórek bogatych w chromatinę, zawierających nie-

wielką ilość cytoplazmy. W obrazach mikroskopowych układają się w sposób charakterystyczny, przypominający ze względu na wakuolizację okołojądrową plaster miodu. Regresja guza wyraża się pojawieniem form torbielowatych i krwawieniami. Pogorszenie stanu klinicznego chorego z powodu krwawienia wewnątrzgowego jest znacznie częstsze niż w innych glejakach, w około 60% przypadków mogą ujawnić się w ścianach naczyń i miększu guza liczne zwapnienia. Tak liczne zwapnienia w skąpodrzewiaku tłumaczy się skłonnością do mikrokrwotoków, które dość szybko wapnieją.

Większość skąpodrzewiaków w populacji dziecięcej to guzy typu mieszanego z komponentami gwiazdziakowatymi (*oligoastrocytoma*) lub też wyściółkowatymi (*oligoependependymoma*). Prognoza dla glejaków typu mieszanego jest zwykle gorsza niż dla „czystego” typu skąpodrzewiaków, zależy bowiem od natury guza i proporcji różnego rodzaju komórek.

Skąporzewiak anaplastyczny (WHO III°)

Skąpodrzewiak anaplastyczny (*anaplastic oligodendroglioma*) stanowi 5–8% glejaków mózgu, występuje częściej u dorosłych. Najczęściej powstaje w wyniku transformacji skąpodrzewiaków WHO II° zlokalizowanych w płatach czołowych (60%) lub skroniowych (33%), głównie jednak w obwodowych obszarach kresomózgowia. W formach anaplastycznych stwierdza się ogniska martwicy i proliferację naczyń.

Nowotwory gleju wyściółkowego

Wyściółczak (WHO II°)

Wyściółczaki (*ependymoma*) stanowią około 5% wszystkich glejaków mózgu. Występują w układzie komorowym, w ponad 60% w komorze IV, zdecydowanie rzadziej w miększu (w tej lokalizacji wywodzącej się z ektopowych komórek wyściółki stwierdza się tendencję do anaplazji).

Wyściółczaki rosnące w IV komorze blokują często odpływ także przez penetrację w otwory boczne oraz do kanału kręgowego. Są to nowotwory dobrze unaczynione, ulegają przeważnie torbielowatemu zwyrodnieniu, zawierają zwapnienia.

Wyściółczak śluzowobrodawkowaty

Występuje najczęściej w obrębie nici końcowej ogona końskiego, bardzo rzadko wewnątrzkomorowo. Guz zawiera dużą ilość śluzu w przestrzeniach międzykomórkowych i okołonaczyniowych, jego struktura jest typowa dla wyściółczaka.

Podwyściółczak

Podwyściółczak (*subependymoma*) jest guzem o analogicznym do wyściółczaka utkaniu, bardzo małej złośliwości z predylekcją do lokalizacji w IV komorze.

Nowotwory pochodzące ze spłotu naczyniówkowego

Brodawczak spłotu naczyniówkowego (WHO I°)

Brodawczak spłotu naczyniówkowego (*choroid plexus papilloma*) występuje przede wszystkim u dzieci i chorych w młodszej grupie wiekowej. Najczęstsza lokalizacja to komora boczna (trójkąt komorowy), rzadziej komora III i IV. Są to nowotwory bardzo dobrze unaczynione (zaopatrywane przez spłoty naczyniówki). Guzy powodują szybki rozwój wodogłowa, związany nie tylko z utrudnieniem krążenia płynu mózgowo-rdzeniowego, ale także z jego nadprodukcją (może być to element różnicujący ten guz z wyściółczakiem).

Rak spłotu naczyniówkowego (WHO III°)

Rak spłotu naczyniówkowego (*choroid plexus carcinoma*) jest guzem o znacznej złośliwości, rozsiew może nastąpić drogą płynu mózgowo-rdzeniowego, jego ogniska pojawiają się wewnątrzczaszkowo i w kanale kręgowym (osiąga duże rozmiary, nacieka ścianę komory i istotę białą). Guz ten posiada wszystkie cechy zmiany złośliwej — ogniska martwicy, jamy pokrwotoczne.

Nowotwory neuronalne i mieszane neuronalno-glejowe (WHO I/II°)

Stanowią około 1,5% wszystkich nowotworów mózgu, zdecydowanie częściej występują u dzieci. Jest to duża grupa guzów o mieszanym utkaniu, głównie komórek zwojowych i astrocytów. Cechują się powolnym wzrostem, brakiem naciekania, małym stopniem złośliwości. Typowa lokalizacja dla tych guzów to płaty skroniowe (zwłaszcza ich przyśrodkowe części), okolice ciemieniowe, a także mózdzek. W tej grupie guzów najczęściej występuje zwojakoglejak — składa się z komórek nerwowych (zwojowych) i glejowych (głównie astrocyty). Jedną z podgrup stanowią desmoplastyczne zwojakoglejaki dziecięce (DIG). Makroskopowo posiadają różnej wielkości torbiele o włóknikowo kolagenowej budowie ścian (desmoplastyczne). Guzy te przylegają do opon mózgowych, powodując często ich pogrubienie. Położone w przyśrodkowej części płata skroniowego klinicznie manifestują się lekooporną padaczką.

Nerwiaki komórkowe ośrodkowe

Guzy te rosną wewnątrzkomorowo, typowa lokalizacja to otwory Monro i przegroda przeźroczysta. Histologicznie charakteryzują się występowaniem komórek przypominających oligodendrocyty (obecność pseudorozet) oraz dość rozległymi przestrzeniami bezkomórkowymi. W obrazie makroskopowym stwierdza się typowe liczne torbiele (*bubbly tumor*) i drobne zwapnienia (50–70%).

Guzy wewnątrzczaszkowe w obrazie radiologicznym czaszki i badaniach angiograficznych

Wprowadzenie CT i MR w znacznym stopniu ograniczyło częstość wykonywania badań RTG czaszki u chorych z podejrzeniem guza wewnątrzczaszkowego. W niewielkiej tylko grupie guzów zwapnienia są wystarczająco intensywne, aby uwidocznic je na zdjęciu przeglądowym (czaszkogardlak, oponiak piaszczakowaty, rzadko dużych rozmiarów skąpodrzewiak). Częściej występują objawy pośrednie obecności guza, takie jak przemieszczenie szyszynki lub zwapniałych spłotów naczyniówkowych w następstwie efektu masy, pogłębienie dna lub ścieńczenie i zanik grzbietu siódła tureckiego w guzach tej okolicy lub objawy wzmożonego ciśnienia śródczaszkowego, czy też zmiany innych struktur kostnych czaszki (ścieńczenie, pogrubienie blaszki wewnętrznej, przebudowa kostna itp.). Nadal aktualnymi wskazaniem do wykonywania zdjęć czaszki jest podejrzenie zmian przerzutowych oraz guzów pierwotnych kości.

Przed wprowadzeniem CT i MR badanie angiograficzne odgrywało znaczącą rolę w rozpoznawaniu i różnicowaniu charakteru guza wewnątrzczaszkowego. Guzy złośliwe i niektóre guzy o charakterze łagodnym są bogato unaczynione, na przykład mięsaki, glejaki anaplastyczne, oponiaki, guzy pochodzenia naczyniowego i zarodkowe. Do angiograficznych objawów guzów wewnątrzczaszkowych należą:

- obecność naczyń patologicznych — nieprawidłowe naczynia tętnicze i żyłne o charakterze płodowym, o krętym przebiegu, z poszerzeniami, zwężeniami i przetokami tętniczo-żylnymi;
- przebarwienie guza — objaw występujący zwykle w fazie kapilarnej i żyłnej;
- zwężenie, przemieszczenie bezpośrednie i pośrednie oraz niedrożność naczyń — w guzach wolno rosnących przemieszczone naczynia zarysowują kształt i wielkość guza, w guzach złośliwych położonych w strukturach głębokich i otoczonych obrzękiem stwierdza się zmianę krętego przebiegu tętnic koronowych na falisty i łukowaty; w guzach złośliwych i pochodzenia pozamózgowego występuje nacieki lub/i przemieszczenie naczyń i zatok żylnych;

— obecność poszerzonych naczyń zaopatrujących guz. Największą wartość diagnostyczną ma wykazanie naczyń patologicznych, a w nowotworach skąpo unaczynionych nacieczenia lub/i ucisku naczyń, zwłaszcza zatok żylnych. Możliwość pośredniej i bezpośredniej oceny powyższych objawów za pomocą badania angiograficznego, angio-CT lub angio-MR oraz równoczesnego różnicowania guzów z malformacjami naczyniowymi w znacznym stopniu ograniczyła częstość wykonywania inwazyjnych badań angiograficznych. Wśród bezwzględnych wskazań do angiografii mózgowej pozostają natomiast procedury neuroradiologii zabiegowej.

Nowotworzenie naczyń w guzie (angiogeneza) jest wykładnikiem jego biologicznej aktywności, tym samym więc tendencji do wzrostu. Proliferacja naczyń w guzie dotyczy przede wszystkim mikrokrążenia, którego ocena możliwa jest w badaniu perfuzji mózgowej technikami CT, MR (nieilościowo także SPECT i PET), dlatego też, poza obrazowaniem naczyń tętniczych i żylnych, istotna jest ocena perfuzji w obszarze guza i jego otoczeniu.

Kształt krzywej perfuzji zależy od gęstości naczyń patologicznych i stanowi ważną informację w monitorowaniu leczenia.

Kryteria diagnostyczne uwzględniane w ocenie obrazów CT

Należą do nich:

- cechy budowy;
- współczynnik osłabienia promieniowania w obrębie guza;
- stopień wzmocnienia kontrastowego;
- wielkość, granice, lokalizacja;
- rozległość obrzęku okołoguzowego;
- efekt masy.

Cechy budowy

Charakterystyczne cechy budowy wynikają z możliwości oceny tkanek guza i jego makroskopowej struktury — guz lity, torbielowaty, mieszany, zwapnienia (wielkość, ilość, rozmieszczenie, kształt), obecność tkanki tłuszczowej, krwawienie do guza itp. Zmiana morfologii guza obserwowana w CT ma także znaczenie w aspekcie oceny efektu leczenia na przykład gruczolaka przysadki po leczeniu bromokryptyną, przerzutów i guzów pierwotnych po radioterapii [2].

Współczynnik osłabienia liniowego w obrębie guza

Jego wartość może być:

- podwyższona (guzy hiperdensyjne) — np. oponiak, kostniak oraz wtórne krwawienie do guza;

- obniżona (guzy hipodensyjne) — np. tłuszczak, torbiel pajęczynówki, torbiel skórzasta i naskórkowa;
- zbliżona do stwierdzonej w prawidłowej tkance mózgu (guzy izodensyjne) — np. glejak o niskiej złośliwości, oponiak;
- niejednorodna, mieszana — np. glejak o wysokim stopniu złośliwości, potworniak, guz przerzutowy.

Stopień wzmocnienia kontrastowego

Może zależeć między innymi od złośliwości guza, obecności naczyń patologicznych oraz związanego z tym przenikania środka kontrastowego przez uszkodzoną barierę krew-mózg, a także od gęstości naczyń.

Rozróżnia się:

- wzmocnienie naczyniowe — wiąże się z wypełnieniem łożyska naczyniowego guza zakontrastowaną krwią (np. guzy pochodzenia naczyniowego);
- wzmocnienie mięszone — związane jest z nasiąkaniem tkanki guza (np. nisko zróżnicowane guzy pochodzenia glejowego);
- wzmocnienie mieszane (np. oponiaki).

Wielkość guza

Wielkość guza w CT powinno się określać za pomocą pomiarów liniowych bądź też, jeżeli system posiada odpowiednie programy, za pomocą pomiarów planimetrycznych lub wolumetrycznych.

Granice guza

Granice ostre mają zazwyczaj guzy łagodne, zaś nieregularne i zatarte, wynikające z naciekania sąsiadujących struktur — guzy złośliwe. Niejednokrotnie ocena granic guza pomimo wzmocnienia kontrastowego jest bardzo trudna, dlatego też w wielu wysoko specjalistycznych ośrodkach neuroonkologicznych zaleca się wykonywanie badań perfuzyjnych lub biopsji stereotaktycznych pod kontrolą CT w celu oceny tak zwanej „strefy niepewnej”, obszaru pozornie niezmienionej tkanki, w którym obecna jest tkanka patologiczna.

Lokalizacja

Część guzów wewnątrzczaszkowych cechuje się typową lokalizacją, co przy charakterystycznych cechach budowy i w korelacji z obrazem klinicznym z dużym prawdopodobieństwem ułatwia ustalenie rozpoznania, na przykład torbiel koloidowa w przedniej części komory III, naczyniak płodowy w półkulach mózdzku, czaszko-gardlak nadsiodłowo, wielkokomórkowy gwiazdziak podwiściółkowy w przebiegu stwardnienia guzowatego w sąsiedztwie otworu Monro. W przypadkach niektórych guzów położonych pozamózgowo można zaobser-

wować płaskie szerzenie się nacieku wzdłuż opon, na przykład oponiak, chłoniak, melanoza opon.

W CT trudne może być odróżnienie zaawansowanych guzów położonych wewnątrzkomorowo naciekających wyściółkę i struktury przykomorowe od guzów wtórnie naciekających układ komorowy, pierwotnie zlokalizowanych w mózgowiu.

Obrzęk okołoguzowy

W przypadku obrzęku naczyniopochodnego w obrazie CT stwierdza się obniżenie wartości współczynnika osłabienia promieniowania w stosunku do jego wartości w prawidłowym miąższu mózgu. W skali zaproponowanej przez Steinhoffa dotyczącej guzów nadnamiotowych wyróżnia się stopnie:

- I — obrzęk nie przekracza 2 cm strefy wokół guza;
- II — obrzęk nie przekracza połowy półkuli mózgu;
- III — obszar obrzęku przekracza połowę półkuli mózgu.

Stopień i dynamika obrzęku, a także wzmocnienie kontrastowe zależą od złośliwości guza.

W przypadkach guzów o wysokiej złośliwości obrzęk zazwyczaj przyjmuje palczastą formę, szerząc się w obrębie istoty białej. Obiektywną ocenę stopnia obrzęku utrudnia brak wzmocnienia kontrastowego guza, wprowadzone leczenie przeciwobrzękowe i chemioterapia. Niekiedy mimo silnego wzmocnienia kontrastowego guza nie można na podstawie CT jednoznacznie odróżnić obrzęku od nacieku nowotworowego; problemu granicy guz–obrzęk nie rozstrzyga ostatecznie także badanie MR (zalecane: spektroskopia MR, badanie perfuzyjne).

Efekt masy

Może towarzyszyć guzom łagodnym o dużych rozmiarach oraz guzom złośliwym o szybkim tempie wzrostu i naciekania. Guzy o rozprężającym wzroście w zależności od rozmiarów i lokalizacji najczęściej powodują uciśnięcie i przemieszczenie przylegających struktur. W przypadku guzów obwodowych mózgu dochodzi do zaciśnięcia bruzd korowych na sklepiściach. W przebiegu guzów nadnamiotowych i podnamiotowych w CT obserwuje się uciśnięcie układu komorowego i jego przemieszczenie wraz ze strukturami linii środkowej na stronę przeciwną lub w kierunku doogonowym, co grozi wklonowaniem (np. wgłobienie pod sierp mózgu i wcięcie namiotu mózdzku — wklonowanie zakrętu hipokampa pod namiot oraz wklonowanie migdałków mózdzku do otworu wielkiego). Stopień rezerwy objętościowej w przypadkach guzów leżących w tylnej jamie czaszki jest znacznie mniejszy, toteż częściej, nawet w przebiegu zmian niewielkich rozmiarów, obserwuje się efekt masy.

Pośrednimi objawami wzmózonego ciśnienia śródczaszkowego poza przemieszczeniem struktur mózgu jest asymetria i zaciśnięcie zbiorników płynowych przestrzeni podpajęczynówkowej. Zarówno w przypadku guzów położonych obwodowo, przykomorowo, jak i wewnątrzkomorowo może dojść do zaburzeń w odpływie płynu mózgowo-rdzeniowego z układu komorowego z następowym jego odcinkowym poszerzeniem i przesiąkaniem płynu do przykomorowej istoty białej (PVL, *periventricular leukomalatia*). Uciśnięcie lub/i naciekanie naczyń wewnątrzczaszkowych oraz zatok żylnych może doprowadzić do powstania udaru niedokrwiennego lub krwotocznego.

Guzy neuroepitelialne w badaniu MR

Rezonans magnetyczny (MR) jest metodą o większej czułości niż CT i umożliwia wcześniejsze wykrycie guzów wewnątrzczaszkowych. Odsetek poprawnych wyników w każdej z metod zależy w dużym stopniu od makroskopowej budowy i położenia guza. Nowotwory OUN widoczne są w MR, a następnie w CT, dopiero gdy rozwinie się towarzyszący guzowi obrzęk naczyniopochodny. Dlatego też obszar zwiększonego sygnału w MR w obrazach T_2 -zależnych i sekwencji FLAIR (*fluid-attenuated inversion-recovery*) nie zawsze odpowiada rzeczywistym granicom guza. Możliwość jego uwidocznienia w kilku płaszczyznach oraz brak artefaktów pochodzących z kości pozwala na względnie precyzyjne określenie kształtu guza, cech morfologicznych i stosunku do innych struktur. Wysoką rozdzielczość kontrastową wynikającą z fizycznych właściwości MR uzyskuje się także dzięki stosowaniu odpowiednich sekwencji (FLAIR, MT) i podaniu środków paramagnetycznych — te ostatnie jednak nie powodują wzmocnienia kontrastowego ubogo unaczynionych i pozbawionych naczyń patologicznych, tak zwanych „niezłośliwych glejaków”, a także niektórych guzów o innym utkaniu [3, 4].

Badanie strukturalne MR

W obrazowaniu metodą MR (MRI, *magnetic resonance imaging*) stosuje się rutynowe sekwencje szybkiego echa spinowego (*Fast spin echo*, *Turbo spin echo*), oceniając obrazy T_1 -, T_2 -zależne w dowolnych płaszczyznach. Dodatkowe sekwencje, na przykład FLAIR, znacznie poprawiają możliwość odróżniania struktur płynowych, obrzęku od litej tkanki guza. Powszechnie stosuje się sekwencje echoplanarne, wykorzystywane między innymi w badaniu dyfuzyjnym (DWI, *diffusion weighted magnetic resonance imaging*) i obrazowaniu tensora dyfuzji z jego graficzną prezentacją — traktoografią.

Kryteria diagnostyczne w MRI

Należą do nich:

- struktura;
- sygnał;
- stopień wzmocnienia kontrastowego;
- wielkość, granice, lokalizacja;
- rozległość obrzęku.

Kryteria diagnostyczne w badaniu MRI guzów wewnątrzczaszkowych przedstawiono w tabeli 1 i 2.

Struktura guza

Odpowiada jego cechom makroskopowym (torbiele, tkanka lita, torebka) oraz zmianom wstecznym, czyli

martwicy, krwawieniu do tkanki guza, zwyrodnieniom, zwapnieniom. Obraz MRI dzięki wspomnianej rozdzielczości i swoistości tkankowej ma większą wartość diagnostyczną niż CT, niemniej jednak obie metody wykazują dużą zgodność oceny struktury guza z obrazem śródoperacyjnym lub autopsyjnym.

Sygnał

Charakter sygnału zależy od różnic w czasach relaksacji T_1 i T_2 . Skrócenie czasów T_1 i T_2 występuje głównie w tłuszczakach i torbielach zawierających płyn bogaty w lipidy. Guzy te są hiperintensywne w obrazach T_1 -zależnych. Zbiorniki bogatobiałkowego płynu w obrębie guza odpowiadające zwyrodnieniu torbielowatemu lub

Tabela 1. Kryteria diagnostyczne w obrazie MR guzów wewnątrzczaszkowych

Table 1. Diagnostic criteria in MR imaging of brain tumors

Charakter guza	Wiek (dekada)	Typowa lokalizacja	Sygnał	
			Obrazy T_1 -zależne	Obrazy T_2 -zależne
Gwiaździk (WHO II°)	3–4	Płaty czołowe, skroniowe, most	Hipo-/izointensywny	Hiperintensywny
Gwiaździk cienkowłókienny (WHO I°)	1–2	Mózdzek, nerwy wzrokowe, pień mózgu	Hipo-/izointensywny	Hiperintensywny (część lita i zawartość torbieli)
Gwiaździk anaplastyczny (WHO III°)	3–5	Półkule mózgu (dorośli) Mózdzek, pień mózgu (dzieci)	Hipo-/izointensywny, niejednorodny	Hiperintensywny, niejednorodny
Glejak wielopostaciowy (WHO IV°)	4–6	Półkule mózgu (dorośli) Pień mózgu (dzieci)	Hipo-/izointensywny, niejednorodny	Hiperintensywny, niejednorodny
Skąpodrzewiak (WHO II°)	3–5	Płaty czołowe, skroniowe, ciemieniowe	Hipo-/izointensywny, niejednorodny	Hiperintensywny, niejednorodny
Rdzeniak płodowy (WHO IV°)	1–2	Robak mózdzku Półkule mózdzku (w starszej grupie wiekowej)	Hipointensywny	Hiper-/izointensywny
Wyściółczak (WHO II°)	1–4	Komora IV, komory boczne	Hipo-/izointensywny, niejednorodny	Hiper-/izointensywny, niejednorodny
Oponiak (WHO I°)	4–7	Sklepiściec, dół skroniowy, tylny dół czaszki, inne	Izo-/hipointensywny, niejednorodny	Izo-/hipointensywny, niejednorodny
Nerwiak (WHO I°)	3–4	Kąt mostowo-mózdzkowy, nerwy cz. VII, IX	Izo-/hipointensywny	Izo-/hipointensywny
Czaszkogardlak (WHO I°)	1–4	Okolica siodła, podwzgórze	Hipo-/hiperintensywny, niejednorodny	Hiperintensywny, niejednorodny
Naczyniak płodowy	2–4	Półkule mózdzku, pień mózgu	Hipointensywny, niejednorodny	Hipo-/hiperintensywny, niejednorodny

Tabela 2. Kryteria diagnostyczne w obrazie MR poszczególnych guzów wewnątrzczaszkowych

Table 2. Diagnostic criteria in MR imaging of various brain tumors

Charakter guza	Wzmocnienie kontrastowe	Zmiany wsteczne	Obrzęk	Inne
Gwiaździatek (WHO II°)	Brak wzmocnienia/ /słabe	Rzadko	Brak/niewielki	Nieregularne granice, może naciekać korę
Gwiaździatek cienkowłókienny (WHO I°)	Część lita (guzek przyścienny) — silne wzmocnienie, torebka w około 50%	Rzadko	Brak	Ostre, regularne zarysy torbieli, guzek przyścienny, w nerwie wzrokowym — lity
Gwiaździatek anaplastyczny	Niejednorodne, silne (WHO III°)	Martwica, krwawienie,	Obecny (palczasty) torbiele rzekome	Infiltracja
Glejak wielopostaciowy	Niejednorodne, silne (WHO IV°)	Martwica, krwawienie,	Obecny (palczasty), nasilony torbiele	Infiltracja
Skąpodrzewiak (WHO II°)	Brak wzmocnienia/ /słabe	Zwapnienia, krwawienie	Brak/ /niewielki	Położony podkorowo, nacieka również korę, częste zwapnienia w oko- to 70%
Rdzeniak płodowy (WHO IV°)	Niejednorodne, silne	Torbiele, krwawienia, zwapnienia	Niewielki	Przerzuty drogą płynu mózgowo-rdzeniowego, wodogłowie
Wyściółczak (WHO II°)	Niejednorodne	Torbiele, krwawienia, zwapnienia	Brak	Przerzuty drogą płynu mózgowo-rdzeniowego, wodogłowie
Oponiak (WHO I°)	Silne	Zwapnienia torbielki	Niewielki, okołoguzowy	Hiperostoza, przerastanie opon
Nerwiak (WHO I°)	Silne	Zwyrodnienie torbielowate	Nieobecny/ /niewielki okołoguzowy	Poszerzenie kanału nerwu sluchowego i innych, przerastanie opon
Czaszkogardlak (WHO I°)	Brak wzmocnienia/ /słabe, niejednorodne	Torbiele, zwapnienia	Nieobecny	
Naczyniak płodowy	Wzmocnienie guzka przyściennego	Torbiel, guzek lity	Nieobecny	
Przerzuty	Silne, niejednorodne	Martwica, krwawienie	Obecny znacznego stopnia	Zazwyczaj wieloogniskowe

rozpadowi cechują się znacznym podwyższeniem sygnału w obrazach T_2 -zależnych w sekwencji SE. W sekwencji FLAIR sygnał z obszaru zmian wstecznych może być podwyższony w przypadku wysokiej zawartości białka lub ulec stłumieniu, gdy płyn ma niską zawartość białka i jest zbliżony do płynu mózgowo-rdzeniowego. Drob-

ne zwapnienia w guzie są w MR ubogo sygnałowe. W przypadku krwawienia do guza sygnał wyznaczonyj krwi zależy od fazy ewolucji hemoglobiny, analogicznie do krwiaków śródmózgowych. Guzy złośliwe cechują się wyższym sygnałem w obrazach T_2 -zależnych od guzów łagodnych.

Stopień wzmocnienia kontrastowego

W krótkim czasie po dożylnym podaniu środka paramagnetycznego możliwa jest orientacyjna ocena granicy pomiędzy tkanką guza a strefą obrzęku. Zbyt długi okres pomiędzy podaniem środka kontrastowego a wykonaniem badania powoduje zatarcie granicy guz–obrzęk. W ocenie stopnia wzmocnienia kontrastowego pomocne jest obrazowanie transferu magnetyzacji (MT, *magnetisation transfer*) w obrazach T_1 -zależnych oraz FLAIR w obrazach T_2 -zależnych ze względu na zwiększenie kontrastu między tkanką patologiczną wzmocnioną po dimeglumianie gadopentatu (Gd — DTPA, *gadopentetate dimeglumine*) a prawidłowymi tkankami mózgu. Pozwala to zastosować małą dawkę środka kontrastowego, na przykład w diagnostyce ognisk przerzutowych.

Wielkość

Badania MR umożliwiają ocenę wielkości guza i jego relacji do struktur sąsiednich. Pomiar liniowy oraz analizę wolumetryczną można przeprowadzić, wykorzystując odpowiednie programy, w które wyposażona jest większość systemów MR.

Granice

Granice ostre są charakterystyczne dla guzów łagodnych, nieregularne z cechami naciekania — dla guzów złośliwych. W ocenie granic guza pomocna jest sekwencja FLAIR, zwłaszcza w przypadkach guzów litych, torbielowatych lub/i nieulegających wzmocnieniu kontrastowemu, które dzięki niej można odróżnić od obszaru hiperintensywnego obrzęku lub prawidłowych tkanek mózgowia.

Rozległość obrzęku

Jest to kryterium złośliwości guza. Obrzęk powoduje wydłużenie czasu T_1 (obniżenie sygnału) i T_2 (podwyższenie sygnału). Ocenia się go głównie w obrazach PD i T_2 -zależnych w sekwencjach SE i FLAIR. Podobnie jak w obrazie CT naczyniopochodny obrzęk w guzach o dużej złośliwości ma palczasty kształt, zaś jego rozległość można oceniać według przedstawionej wcześniej skali Steinhoffa. Odgraniczenie strefy obrzęku od guza nie jest łatwe mimo stosowania odpowiednich sekwencji, na przykład FLAIR, MR nie rozstrzyga ostatecznie ważnego w neuroonkologii problemu, jakim jest granica guza i obrzęku (patrz: granica guza).

Lokalizacja

Stosunki anatomiczne pomiędzy guzem i strukturami sąsiadującymi najlepiej uwidaczniają obrazy T_1 -zależne

po wzmocnieniu kontrastowym oraz obrazy w sekwencji FLAIR. Wyższa rozdzielczość kontrastowa i liniowa badania MR pozwala dokładniej niż w CT ocenić położenie guza, lepiej zobrazować zmiany umiejscowione przymózgowo, w okolicy podstawy czaszki i wewnątrzkomorowo.

Ocena budowy chemicznej guza — spektroskopia MR

Oceny budowy chemicznej guza dokonuje się za pomocą spektroskopii MR (MRS, *magnetic resonance spectroscopy*). Istotne znaczenie, zwłaszcza w diagnostyce różnicowej zmian wewnątrzczaszkowych, odgrywają spektroskopia protonowa $^1\text{HMRS}$ [*proton (hydrogen) MR spectroscopy*] i fosforowa P MRS (*proton magnetic resonance spectroscopy*) (powszechniej stosuje się obecnie spektroskopię protonową. W praktyce klinicznej obecnie stosuje się dwie techniki spektroskopii protonowej MR: metodę pojedynczego woksela (SVS, *single voxel spectroscopy*) oraz technikę wielu wokseli (MVS, *multi-voxel spectroscopy*), zwaną także techniką przesunięcia chemicznego (CSI, *chemical shift imaging*). Obecna rozdzielczość spektroskopii MR *in vivo* i związane z tą metodą doświadczenia kliniczne nie pozwalają jeszcze na jednoznaczne ustalenie histologicznej budowy guzów, chociaż możliwe jest zróżnicowanie guza o utkaniu glejowym od mezenchymalnego; możliwe jest także zróżnicowanie stopnia ich złośliwości oraz, co ma szczególne znaczenie praktyczne, odróżnienie guza od malacji lub blizny naczyniopochodnej. Niska jak dotychczas specyficzność MRS w ocenie charakteru guzów wynika między innymi z ich heterogenności, a także niejednoznacznej roli, jaką metabolity odgrywają we wzroście i zmianach wstecznych.

W spektroskopii protonowej guzów nowotworowych pochodzenia glejowego obserwuje się zazwyczaj zmniejszone stężenie N-acetylo aspargianianu (Naa) i zmniejszony stosunek Naa/Cr oraz zwiększone stężenia związków cholinowych (Cho), mleczanów (Lac), lipidów (lip), mioinozytolu (ml), glicyny (Gly) glutaminy i kwasu glutaminowego (w paśmie Glx) oraz podwyższenie stosunku tych metabolitów do Cr i do sumy wszystkich metabolitów. Stężenie Naa jest markerem obecności neuronów w badanej tkance nerwowej. W przypadku guzów glejopochodnych mózgu (głównie wykazujących cechy martwicy) obserwuje się spadek intensywności sygnału Naa będący wynikiem ubytku neuronów w ich obrębie. Tkanki guza charakteryzują się zazwyczaj mniejszą wartością współczynnika Naa/Cr od zdrowych tkanek mózgowia (szczególnie w glejakach o wysokim stopniu złośliwości). Sygnał związków cholinowych uważa się za wskaźnik intensywności proliferacji komórek, a więc tkanki guzów o dużej złośliwości powinny wykazywać większy sygnał

Cho i wyższą wartość Cho/Cr niż tkanki guzów o niskiej złośliwości. Nie do końca jest jasne, czy i w jakim stopniu na zwiększenie stężenia choliny wpływa rozpad błon komórkowych. Wydaje się, że istnieją dwie przyczyny zwiększonego stężenia choliny w tkance guza. W nowotworach o dużym stopniu złośliwości obecność obszarów martwicy powoduje spadek intensywności sygnału Cr, którego głównym składnikiem jest sygnał pochodzący z fosfokreatyny. W próbach różnicowania stopnia złośliwości guzów zbyt dużą wagę przywiązuje się do pojawiania się w ich widmach rezonansowych pasm, które są nieobecne w widmach tkanki zdrowej. Dotyczy to przede wszystkim mleczanu (Lac), którego sygnał jest najsilniejszy z obszarów martwicy w obrębie guzów, może więc świadczyć o ich dużej złośliwości. Zwiększone stężenie mleczanu stwierdza się jednak nie tylko w nowotworach, ale także w mitochondrialnych zaburzeniach metabolicznych i w obszarach objętych niedokrwieniem. Nie ma również obecnie możliwości odróżnienia aktywnego metabolicznie mleczanu od nieaktywnych, skumulowanych jego zasobów. W pewnych typach nowotworów pojawia się znaczny wzrost intensywności pasma oznaczanego jako Glx, przypisywanego przede wszystkim glutaminianom, glutaminie i kwasowi gammaaminomasłowemu (GABA, *gamma-aminobutyric acid*) w zakresie przesunięcia chemicznego 2,0–2,55 ppm oraz glutaminianom, glutaminie i glukoze w zakresie 3,68–3,77 ppm. Pierwsze z nich może nakładać się na sygnał Naa (2,0 ppm). Efekt taki obserwuje się także w przypadku procesów neurodegeneracyjnych. Użyteczność diagnostyczna tego pasma wymaga dalszych badań, pewny jest jednak wpływ aktywności glutaminianów na wzrost guza. Pewne znaczenie w różnicowaniu guzów o dużej i małej złośliwości może mieć sygnał pochodzący od mioinozytolu (ml), który traktuje się jako marker proliferacji gleju, głównie astrocytów. Wzrost stężenia ml stwierdza się przede wszystkim w łagodnych gwiżdżiakach. Guzy pochodzenia glejowego są wysoce heterogenne, a ich klasyfikacja histologiczna nie zawsze jest precyzyjna, natomiast wydaje się, że istnieje możliwość rozpoznawania stopnia ich złośliwości na podstawie widm $^1\text{H-MRS}$, chociaż wymaga ona dobrania odpowiedniej metodyki badań i dobrego oprogramowania. Doświadczenia wielu autorów i wyniki własne wskazują na to, iż u pacjentów z glejakami złośliwymi zmiany w widmie $^1\text{HMRS}$ stwierdza się także w obszarach o prawidłowym obrazie radiologicznym, odległych od masy guza (w tzw. „strefie niepewnej”) [5, 6].

Mapowanie czynności mózgowia — funkcjonalne badanie MR

Postęp neurochirurgii wymaga od technik neuroradiologicznych wyjątkowej precyzji niezbędnej między innymi do wykonywania zabiegów minimalizujących uszko-

dzenie ośrodków korowych. Przykładem metody ułatwiającej planowanie zabiegu resekcji guza jest funkcjonalne badanie rezonansu magnetycznego (fMRI, *functional magnetic resonance imaging*).

Technika obrazowania funkcjonalnego wykorzystuje różnicę podatności krwi o różnym stopniu jej utlenowania. W celu uzyskania odpowiednio silnego sygnału konieczne są szybkie i silne gradienty oraz odpowiednie oprogramowanie systemu. Obrazy aktywności korowej poszczególnych funkcji otrzymuje się, stosując metodę odejmowania sygnałów uzyskiwanych w stanie kontrolnym od sygnałów w stanie zadaniowym po określonej stymulacji czuciowej bądź ruchowej. Funkcjonalne MR coraz powszechniej stosuje się przed planowanym zabiegiem resekcji guza w celu lokalizacji osobniczo zmiennych pól czuciowych bądź ruchowych. Można wykorzystać ją do mapowania korowych ośrodków elokwentnych w ramach przygotowania do zabiegu operacyjnego z naruszeniem integralności w celu minimalizacji defektu pooperacyjnego.

Cechy obrazów CT i MR najczęściej występujących guzów neuroepitelialnych

Gwiżdżiak (WHO II°)

Do grupy gwiżdżiaków (*astrocytoma*) należy kilka podtypów gwiżdżiaków wysoko zróżnicowanych (patrz wyżej), o małym stopniu złośliwości, rosnących naciekająco, widocznych w CT jako hipodensyjne, jednorodne ogniska o nieostrej granicy zlokalizowane najczęściej w istocie białej półkul mózgu oraz w korze (naciekający wzrost guza). Typowa lokalizacja guza to płaty czołowy, skroniowy, ciemieniowy, pień mózgu. W większości przypadków w CT widoczne są hipodensyjne ogniska o nieregularnym współczynniku osłabienia, mogą one powodować trudności diagnostyczne, zwłaszcza gdy brakuje efektu masy. Jednym z przykładów tych trudności jest zawał mózgu imitujący glejak o małej złośliwości bądź glejak imitujący ognisko zawałowe. Mimo iż zmiana niedokrwieniowa dotyczy głównie kory mózgu, to położone obraz powierzchniowy glejaków jest czasami trudny do zróżnicowania, względnie pewną różnicującą metodą neuroobrazową w takim wypadku jest spektroskopia MR, zaś najpewniejszą biopsja i kryterium czasu (to ostatnie jest kontrowersyjne pod względem neuroonkologicznym).

Gwiżdżiaki cechują się niewielką strefą obrzęku, trudną do odróżnienia od brzeżnej części guza mogą powodować efekt masy. Zazwyczaj nie ulegają one wzmocnieniu kontrastowemu, a obserwowane wzmocnienie na granicy guza jest wynikiem wzrostu współczynnika osłabienia kory w jego otoczeniu. W około

10% tych gwiaździaków stwierdza się obecność zwapnień, najczęściej bardzo drobnych, widocznych wyraźniej w CT. Pojawienie się krwawienia w guzie, palczastego obrzęku czy ognisk martwicy sugeruje anaplazję guza.

Gwiaździaki w obrazie MR charakteryzują się obniżonym lub niezmiennym sygnałem w obrazach T_1 -zależnych oraz podwyższonym w obrazach PD i T_2 -zależnych i w sekwencji FLAIR; jednorodność sygnału wiąże się z małym stopniem złośliwości guza. Rzadko ulegają one wzmocnieniu kontrastowemu i długo nie powodują efektu masy (np. gwiaździaki wzgórze, pnia mózgu), co może stanowić problem diagnostyczny w badaniu MR (ryc. 1A–F, 2AB).

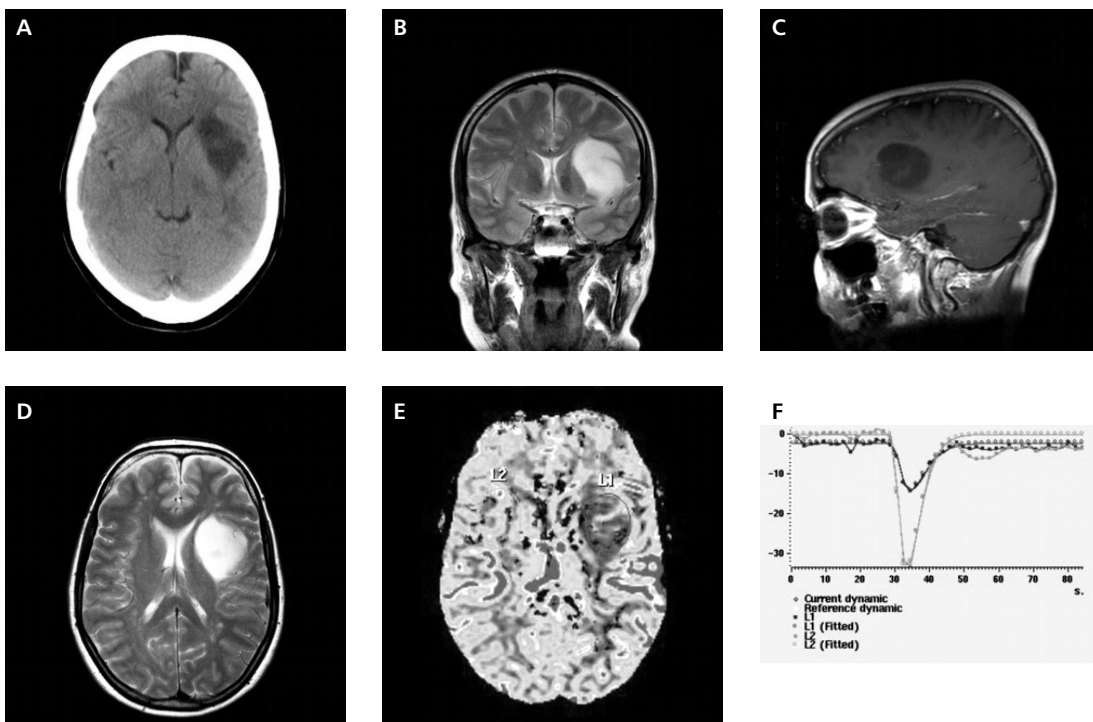
Stosunkowo częstą lokalizacją gwiaździaka o małym stopniu złośliwości jest przyśrodkowa część płata skroniowego obejmująca hipokamp. Guzy tej okolicy powodują skroniowe napady padaczkowe i wymagają wnikliwej analizy obrazów CT i MR. Należy różnicować je z bliźnią glejową hipokampa. Obecność gliozy w tej okolicy powoduje zwiększenie sygnału w sekwencji FLAIR,

zmiany te opisuje się jako stwardnienie hipokampa (MTS, *mesial temporal sclerosis*).

W różnicowaniu charakteru zmian w tej (i innych lokalizacjach) zaleca się wykonanie spektroskopii MR lub badania DWI, w którym sygnał glejaka jest zbliżony do tkanki mózgowia, zaś sygnał z obszaru niedokrwienia ma wysokie wartości (w fazie ostrej i częściowo podostrej) (ryc. 3A–C).

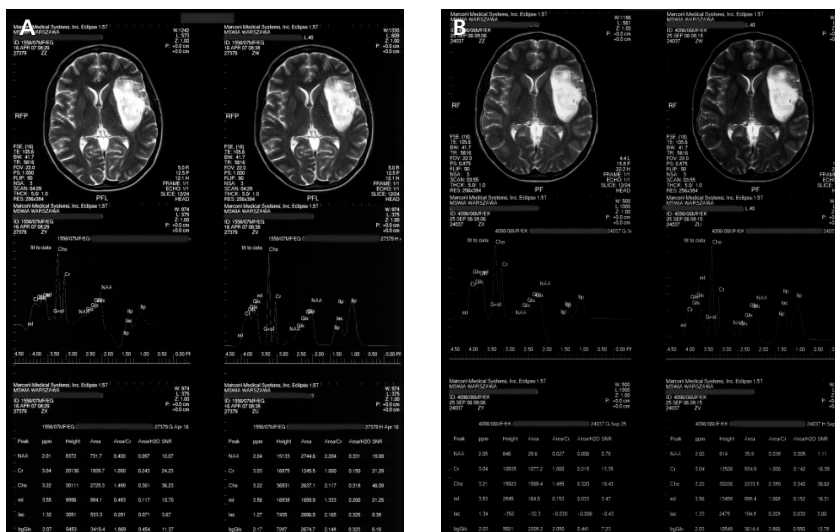
Gwiaździaki włosowatokomórkowe widoczne są często w CT i MR jako torbielowaty guz z guzkiem przyściennym ulegającym silnemu wzmocnieniu kontrastowemu. Niekiedy wzmocnieniu ulega również ściana torbieli (ryc. 4AB). W badaniach CT, a zwłaszcza MR, glejaki te cechują się dobrym odgraniczeniem, mają rozprężający, nienaciekający charakter wzrostu. Najczęstsza lokalizacja to: mózdzek, nerwy wzrokowe, pień mózgu.

Torbielowate postacie gwiaździaków wymagają różnicowania z naczyniakiem płodowym, występującym głównie w tylnej jamie czaszki, którego guzek przyścienny ulega nieco słabszemu wzmocnieniu kontrastowemu, zaś torbiel ma większe rozmiary. Dodatkowym kryterium



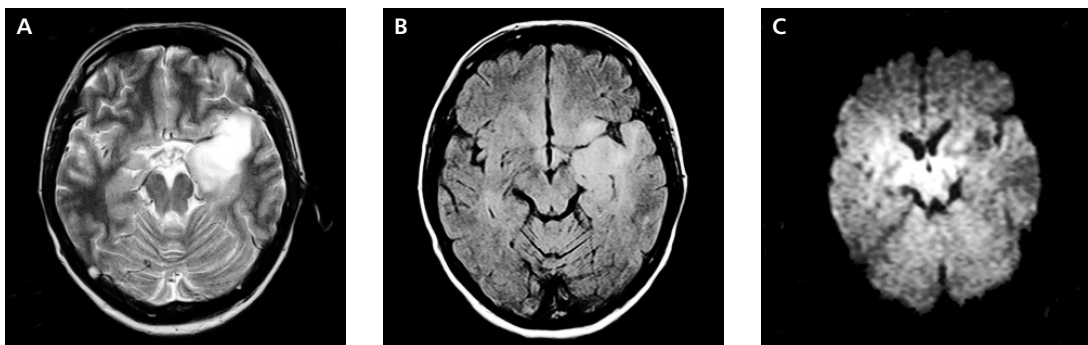
Rycina 1A–F. Gwiaździak (II). Chora w wieku 21 lat, pierwszy napad padaczki nastąpił tydzień przed badaniem. Obraz CT: hipodensyjne ognisko w lewej okolicy skroniowej — wyspy i przedniej części jądra soczewkowatego; zmiana dość ostro odgraniczona bez efektu masy, nie stwierdzono wzmocnienia kontrastowego (A–D). Obraz MRI: w obrazach T_2 hiperintensywna zmiana o opisanej wyżej lokalizacji, brak wzmocnienia kontrastowego (obraz T_1 -zależny). Badanie perfuzji MR (E, F) wykazało obniżony przepływ w obrębie guza

Figure 1A–F. Astrocytoma (grade 2). Twenty one years old woman, suffered from epilepsy (the first seizure one week before) CT reveals a hypodense area in the left temporal lobe, no contrast enhancement. MRI, T_1 , T_2 weighted images show irregular mass, without contrast enhancement (Gd-DTPA). Low perfusion in the tumor's tissue revealed in p-CT



Rycina 2AB. Gwiaździk (II). Chora w wieku 40 lat, z wieloletnim wywiadem padaczki i dyskretną afazją i niedowładem połowicznym prawostronnym, nie wyraziła zgody na zabieg operacyjny. Badanie morfologiczne i profil widma spektroskopowego nie wykazuje dynamiki zmian; typowa dla tego typu guza ekspresja choliny, zwiększone stężenie mioinozytolu, kwasu mlekowego i wolnych lipidów

Figure 2AB. Astrocytoma (grade 2). Forty years old woman suffered from epilepsy. H1MRS revealed spectrum typical for low glioma. No changes in spectroscopy in two consecutive studies

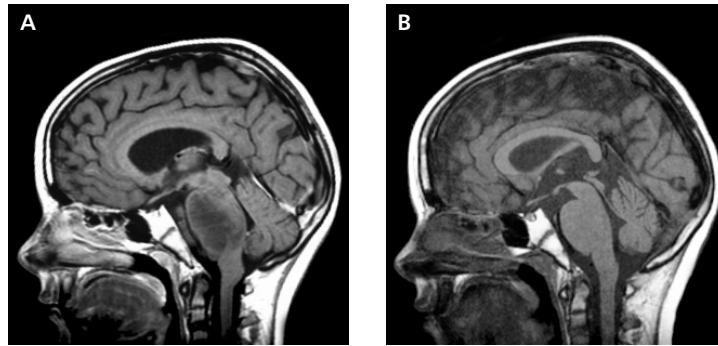


Rycina 3A–C. Gwiaździk (II). Chora w wieku 31 lat, od 3 miesięcy napady padaczkowe, d 2 tyg. Dyskretny niedowład prawostronny. MRI, sekw. FSE, obrazy T₂, sekw. FLAIR i DWI. Strefa hiperintensywna w obrazach T₂ i sekw. FALIR w lewym płacie czołowym. W obrazach DWI sygnał z lewego płata skroniowego nieznacznie obniżony, co wyklucza niedokrwienny charakter zmian

Figure 3A–C. Astrocytoma (grade 2). Thirty one years old woman with right side hemiparesis and seizures. MRI, T₂, FLAIR and DWI seq. The absence of hiperintensity inside the lesion indicates nonischemic type of pathology

różnicującym jest tu wiek i współistnienie choroby Hippel-Lindaua. Wysokobiałkowa zawartość torbieli gwiaździka cechuje się intensywnym sygnałem w obrazach T₂-zależnych i w sekwencji FLAIR. W przypadku różnicowania zmian torbielowatych zaleca się wykonywanie badania DWI w celu oceny zawartości torbieli — i tak na przykład torbiel pajęczynówki będzie miała niższy sygnał niż wysokobiałkowa zawartość torbielowatego guza lub ropień.

Gwiaździki mostu lub rdzenia przedłużonego rosną wolno — histologicznie w tej lokalizacji stwierdza się przede wszystkim gwiaździki włóknikowe i włosowatokomórkowe, nieco rzadziej anaplastyczne. W miarę wzrostu powiększają one objętość odpowiedniego segmentu pnia mózgu. W rozpoznawaniu guzów o tej lokalizacji przewaga MR jest wyraźna, gdyż bez względu na stopień powiększenia objętości pnia i następowego zaciśnięcia zbiorników płynowych w jego otoczeniu (zbiorniki



Rycina 4AB. Gwiaździk (I). Chłopiec z porażeniem cztero kończynowym. A. MR, sekw. SE, obrazy T_1 -zależne: dużych rozmiarów guz mostu o znacznie obniżonym sygnale, nieulegający wzmocnieniu kontrastowemu; ucisk komory IV. B. Badanie po radioterapii: istotne zmniejszenie masy guza, jednorodny sygnał w obrazie T_1 -zależnym, prawidłowa szerokość komory czwartej

Figure 4AB. Astrocytoma (grade 1). A child with a tetraplegia. MRI, seq. SE, images T_1 , before and after administration of Gd-DTPA demonstrate non enhancing brainstem tumor, after radiotherapy MRI presents slightly wider, homogeneous pons

nika okalającego, międzykonarowego) stwierdza się wydłużenie czasu T_2 , podwyższenie sygnału w sekwencji FLAIR, co w zestawieniu z objawami klinicznymi pozwala na postawienie wstępnego rozpoznania; zaleca się także wykonanie spektroskopii MR w celu potwierdzenia nowotworowego charakteru zmiany i odpowiedzi na radioterapię.

Glejak nerwu wzrokowego

Są to głównie gwiaździki włosowatokomórkowe, których odrębna nazwa wynika z lokalizacji; w 30–50% przypadków współistnieją z chorobą Recklinghausena. Widoczne są jako odcinkowe, wrzecionowate lub klepsydrowate pogrubienie nerwu lub nerwów wzrokowych (ryc 5A–C). W CT uwidaczniają się jako jednorodny guz, o współczynniku osłabienia nieznacznie podwyższonym lub zbliżonym do nerwu wzrokowego. W MR, obrazach T_1 -zależnych jest izointensywny, w T_2 -zależnych słabo hiperintensywny. Sygnał może ulegać niewielkiemu, drobnoplamistemu wzmocnieniu kontrastowemu. W odcinku wewnątrzczodołowym poszerzony i wydłużony nerw wzrokowy porównywany jest z literą „i” z kropką (*dotted „i” sign*). Wrastając do środkowego dołu czaszki, poszerza zazwyczaj kanał nerwu wzrokowego, rośnie wzdłuż skrzyżowania nerwów wzrokowych i pasma wzrokowego (ok. 30% przypadków). Glejaki dalszego odcinka drogi wzrokowej widoczne są w obrazach T_2 i sekwencji FLAIR jako ogniska hiperintensywne ulegające fragmentarycznemu wzmocnieniu po Gd-DTPA. W chorobie Recklinghausena opisane powyżej zmiany w paśmie wzrokowym mogą współistnieć z nienowotworowymi ogniskami hiperplazji lub dysplazji komórek glejowych (*hamar-*

tomata); różnicowanie charakteru tych zmian wobec zbliżonego obrazu MR jest bardzo trudne.

Skąpodrzewiak

Skąpodrzewiak (*oligodendroglioma*) w ponad 85% zlokalizowany jest w obszarze nadnamiotowym. W obrazie CT charakteryzuje się niskim, niejednorodnym współczynnikiem osłabienia liniowego, niewyraźnie zarysowanymi granicami i obecnością zwapnień (w ok. 40% przypadków). Częściej niż gwiaździk nacieka korę mózgu, występując jako tak zwany glejak zwojowy. W postaciach o małej złośliwości obrzęk okołoguzowy jest niewielki. W MR skąpodrzewiaki o małej złośliwości cechuje obniżony sygnał w obrazach T_1 -zależnych, podwyższony w obrazach PD i T_2 -zależnych oraz sekwencji FLAIR. Zwapnienia w ich obrębie są bezsygnałowe lub ubogo sygnałowe (ryc. 6A–D). Wzmocnienie kontrastowe jest zwykle niewielkie. W przypadku skąpodrzewiaka anaplastycznego w CT i MR występują ogniska rozpadu, fragmentaryczne wzmocnienie kontrastowe oraz typowy palczasty obrzęk [7–9].

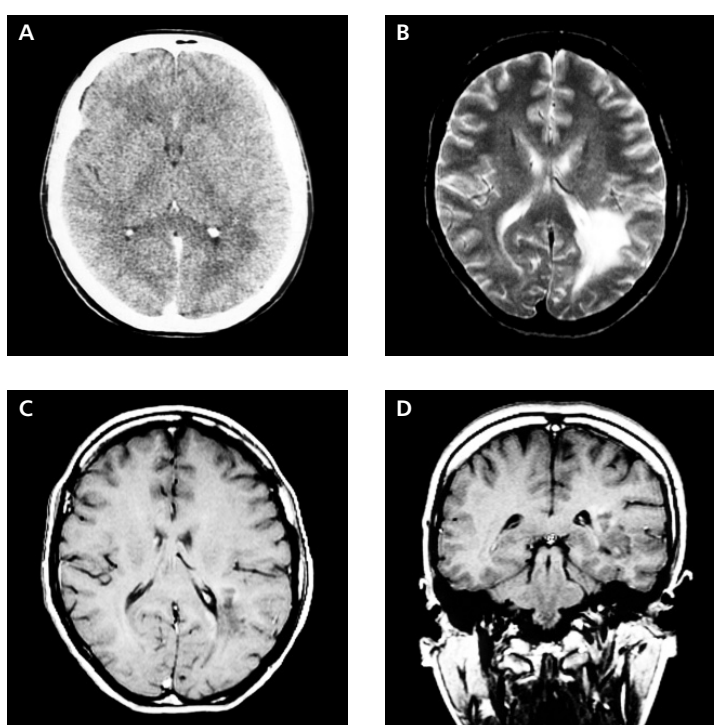
Glejak mieszany

Glejak mieszany (*glioma mixtum, oligoastrocytoma*) w większości przypadków lokalizuje się w istocie białej obszar nadnamiotowego. Widoczny jest w CT jako niejednorodne ognisko o zróżnicowanym współczynniku osłabienia. Granice guza są nieregularne, często niewidoczne, a obrzęk okołoguzowy niewielki. Obwodowo lub centralnie guz może zawierać zwapnienia, przybierające często formę muszolkowatą. Obserwowane czasem obszary hipodensyjne odpowiadają torbielom. W postaci



Rycina 5A–C. Glejak skrzyżowaia nerwów wzrokowych. A. Obraz T_1 -zależny bez podania środka kontrastowego; przekrój osiowy; B. Obraz T_1 -zależny bez podania środka kontrastowego; przekrój wieńcowy; C. Obraz T_1 -zależny po podaniu środka kontrastowego; przekrój strzałkowy. Pogrubiałe oba nerwy wzrokowe zarówno w obrębie skrzyżowania, jak i w odcinkach przed i za skrzyżowaniem w obszarze wewnątrzczaszkowym. Brak efektu wzmocnienia kontrastowego

Figure 5A–C. Optic nerve tumor (grade 1). MRI, seq. SE, images T_1 before and after administration of Gd-DTPA; axial, coronal and sagittal planes. Nonenhancing optic nerve tumor involves optic nerves and chiasm



Rycina 6A–D. Skąpodrzewiak (I). Chora w wieku 28 lat, skarżąca się na bóle, w ciągu ostatnich miesięcy dwa duże napady padaczkowe; A. CT: hipotensyjne ognisko w okolicy skroniowo-potylicznej lewej półkuli mózgu, nieulegające wzmocnieniu kontrastowemu; B. MR, sekw. SE, obraz T_2 -zależny: hiperintensywne niejednorodne ognisko otoczone strefą obrzęku i w sąsiedztwie lewego trójkąta komorowego; CD. Obrazy T_1 -zależne po Gd-DTPa. Po podaniu środka kontrastowego guz ulega fragmentarycznie słabemu wzmocnieniu, brak efektu masy

Figure 6A–D. Oligodendroglioma (grade 1). Twenty eight years old woman, suffered from seizures and a severe headache. CT presents hypodence foci in the area adjacent to the left ventricular triangle; no mass effect. MRI, seq. SE, T_1 , after contrast administration — nonhomogeneous enhancement is noted

anaplastycznej po podaniu środka kontrastowego uzyskuje się zróżnicowane wzmocnienie w litych częściach guza.

Glejaki złośliwe mózgu

Należy do nich kilka glejaków anaplastycznych mających różną linię komórkową (gwiazdziaki, skąpodrzewiaki, wyściółczaki anaplastyczne) oraz glejak wielopostaciowy i gąbczak niedojrzały jednobiegunowy (patrz klasyfikacja WHO), pod względem diagnostyki neuro-radiologicznej opisywane są zazwyczaj zbiorczo.

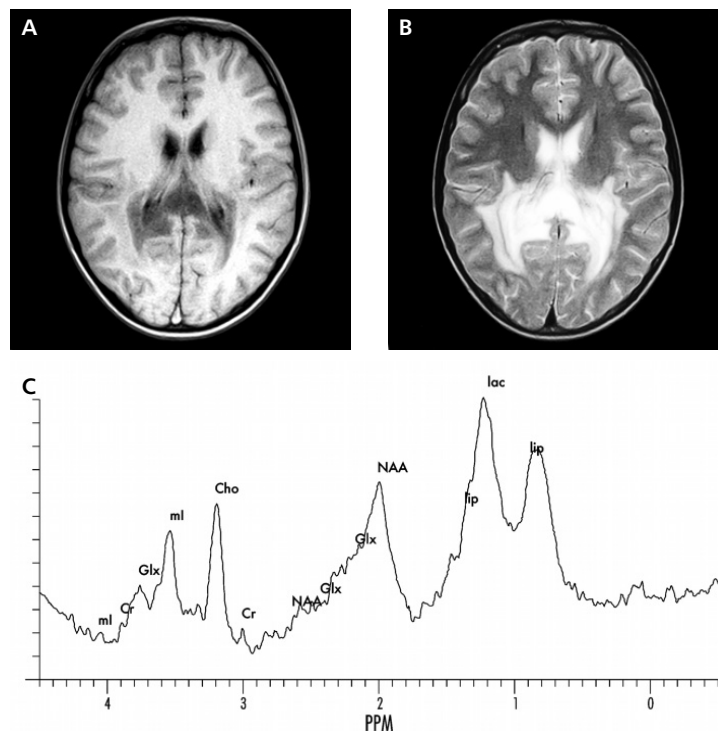
Glejaki anaplastyczne

Glejaki anaplastyczne (*glioma anaplasticum*) wykazują większe zróżnicowanie współczynnika osłabienia lub intensywność w MR, często mają niejednorodną budowę związaną ze zmianami wstecznymi — torbiele i ogniska martwicy. Ulegają zwykle silnemu, nieregularnemu wzmocnieniu kontrastowemu (nasilona angiogeneza). Obrzęk wokół gwiazdziaków anaplastycznych jest rozległy i przybiera formę palczastą (ryc. 7A–C). Glejak złośliwy (najczęściej o utkaniu gleju gwiazdzistego) na-

ciekający rozległe obie półkule mózgowia określa się jako glejakowatość mózgu. Obraz CT i MR jest typowy dla glejaka złośliwego, natomiast rozległość nacieku pozwala na postawienie rozpoznania glejakowatości (*gliomatosis cerebri*).

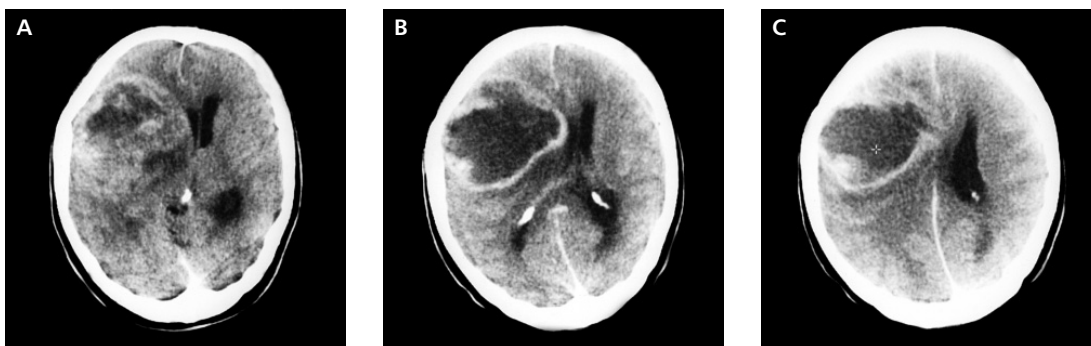
Glejak wielopostaciowy

Glejak wielopostaciowy (*glioblastoma multiforme*) najczęściej rozwija się w istocie białej nadnamiotowo u osób dorosłych i w pniu u dzieci. Jest guzem o największym stopniu złośliwości, szybko rosnącym i naciekającym struktury sąsiednie (nie wyłączając oponmózgowych). Charakteryzuje się zróżnicowanym współczynnikiem osłabienia, nieregularnymi granicami i rozległą strefą obrzęku. Niejednorodna struktura guza jest spowodowana obecnością licznych ognisk martwicy, obrzęku i krwawienia. Guz może powodować wodogłowie, jeżeli rozwija się w sąsiedztwie układu komorowego. Rosnąc obustronnie w obrębie ciała modzelowatego, daje obraz „motyla” (*butterfly glioma*), w MR charakteryzuje się niejednorodnym sygnałem związanym z obecnością zmian wstecznych. Ulega silnemu nieregularnemu,



Rycina 7A–C. Glejak mieszany anaplastyczny (III). Chory w wieku 50 lat, w wywiadzie wskazywał na silne bóle głowy, zaburzenia widzenia, dyskretny niedowład lewej kończyny dolnej; AB. Badanie MR FSE, obraz T₁, T₂: guz naciekający płat ciała modzelowatego, symetryczny obrzęk w kształcie skrzydeł motyla (*butterfly glioma*); C. ¹H MRS: wysokie wartości wskaźników Cho/Cr, ml/Cr, Glx/Cr, obniżenie pasma NAA

Figure 7A–C. Anaplastic glioma (grade 3). Fifty years old man, suffered from a headache, left side hemiparesis, hemianopsia. Butterfly glioma; H1MRS expression of Cho/Cr, ml/Cr, Glx/Cr, lac/Cr, reduction of NAA/Cr is noted



Rycina 8A–C. Glejak wielopostaciowy (IV). Chora w wieku 52 lat, z objawami wzmożonego ciśnienia śródczaszkowego, zaburzenia świadomości. CT po podaniu środka kontrastowego: rozległy guz ulegający brzeżnemu wzmocnieniu z jamą martwiczą w prawej półkuli mózgu; znacznego stopnia efekt masy z wgłobieniem pod sierp mózgu i zaciśnięciem prawej komory bocznej, zaburzenie odpływu płynu mózgowo-rdzeniowego z lewej komory bocznej

Figure 8A–C. Glioblastoma multiforme (grade 4). Fifty two years old woman with clinical signs of an intracranial hypertension (elevated ICP). CT reveals a huge cystic tumor marginally enhanced. Central necrosis in the tumor, mass effect is seen

brzeżnemu wzmocnieniu kontrastowemu, widoczna jest wówczas granica między martwicą i litą częścią guza.

Mimo iż przeważająca większość tych guzów ma charakter jednoogniskowy, to opisywane są zmiany wieloogniskowe (*multicentric tumor*). Zwłaszcza w MR, w obrazach T_2 -zależnych nieregularne, pasmowate strefy obrzęku położone poza główną zmianą wskazują na penetrację guza do obszaru pozornie niezmięnionej tkanki.

Jednym z trudniejszych problemów diagnostycznych w przypadku złośliwych, naciekających glejaków mózgowia jest ocena granicy guza oraz tkanki położonej w sąsiedztwie, w tak zwanej „strefie niepewnej”, która stanowi zresztą miejsce potencjalnej wznovy po resekcji glejaka. Strefa ta zarówno w obrazie śródoperacyjnym, jak i w konwencjonalnym badaniu MR jest praktycznie niemożliwa do uwidocznienia — badania spektroskopii MR oraz badania perfuzji mózgowej (CT lub MR) mogą wykazać obecność nacieku nowotworowego (ryc. 8A–C, 9A–C).

Wyściółczak

Wyściółczak (*ependymoma*) może występować zarówno podnamiotowo (ok. 60%), jak i nadnamiotowo (ok. 40%). W lokalizacji nadnamiotowej zwykle umiejscawia się w komorach bocznych. W CT guz charakteryzuje się podwyższonym współczynnikiem osłabienia, obecnością różnej wielkości torbiele i torbielek, drobnych zwapnień, hemosyderyny. W MR guz cechuje się zróżnicowanym sygnałem w obrazach PD i T_2 -zależnych i sekwencji FLAIR.

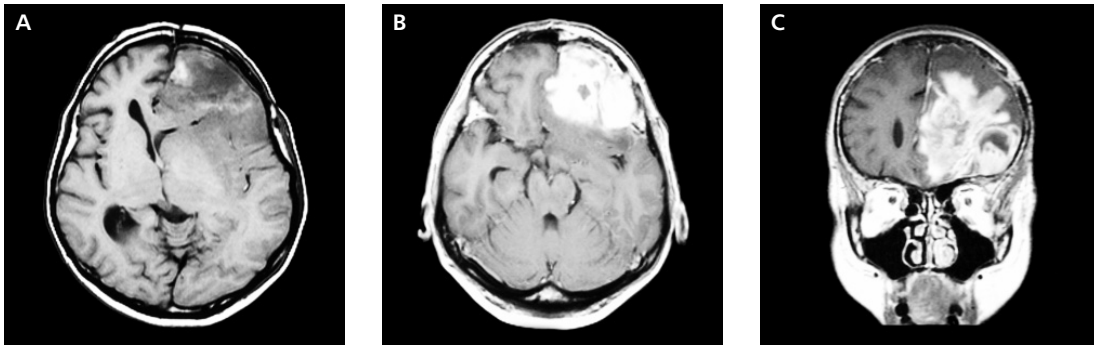
Wyściółczak ulega niejednorodnemu wzmocnieniu kontrastowemu w CT i MR. Często powoduje wodogłowie przy lokalizacji w obrębie IV komory lub w okolicy otworów międzykomorowych. W przypadku takiej lokalizacji należy wykluczyć obecność przerzutów guza do ka-

nału kręgowego. Wyściółczaki położone w IV komorze „wciskają” się przez otwory boczne do kanału kręgowego (*plastic tumors*). Zdecydowanie rzadszą odmianą wyściółczaków są podwyściółczaki (*subependymoma*, *subependymal astrocytoma*) najczęściej występujące w ścianie komór bocznych bądź komory IV. Badania CT i MR zwykle nie umożliwiają zróżnicowania wyściółczaka z podwyściółczakiem; podobne trudności diagnostyczne przysparzać może gwiazdziak podwyściółkowy olbrzymiokomórkowy.

Brodawczak splotu naczyniówkowego

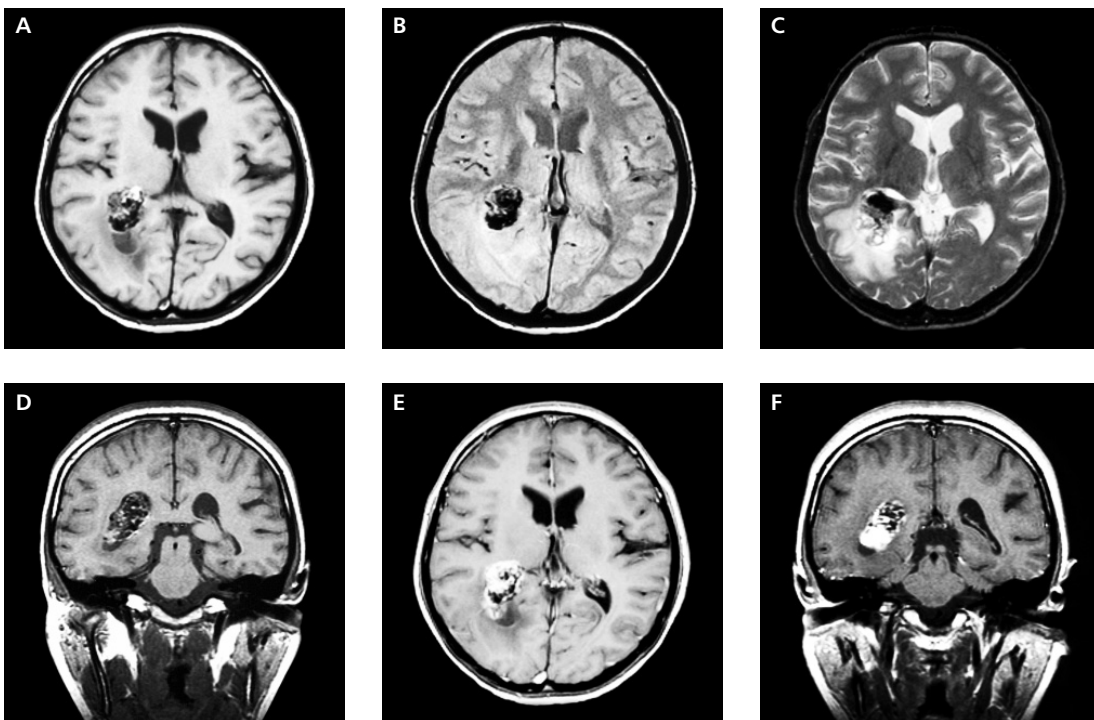
Brodawczak splotu naczyniówkowego (*papilloma plexus choroidei*) rozwija się z nabłonka splotów naczyniówkowych. W obrazach CT występuje jako jednorodny izo- lub hiperdensyjny „brodawkowaty” guz w obrębie komór mózgu. Jego najczęstszą lokalizacją jest trójkąt komorowy, w drugiej kolejności komora IV. Rzadko opisywane są torbiele w obrębie brodawczaka, co jest elementem różnicującym z wyściółczakiem. Obniżona wartość współczynnika osłabienia obserwowana w istocie białej okołokomorowej odpowiada przenikaniu płynu mózgowo-rdzeniowego lub naciekaniu tkanek mózgowia (w przypadku brodawczakoraka) (ryc. 10A–F).

W badaniu MR brodawczak daje niejednorodny niski sygnał w obrazach T_1 -zależnych, wysoki z ogniskami braku sygnału w obrazach T_2 -zależnych. Zróżnicowanie sygnału wiąże się z obecnością zmian wstecznych: zwapnień (ok. 20%), martwicy, jam pokrwotocznych i złogów hemosyderyny. Guz charakteryzuje bardzo silne jednorodne wzmocnienie kontrastowe, a także często masywne wodogłowie, będące wynikiem nadprodukcji płynu mózgowo-rdzeniowego. Postać złośliwa, brodawczakorak, cechuje się naciekaniem mózgowia i zmiana-



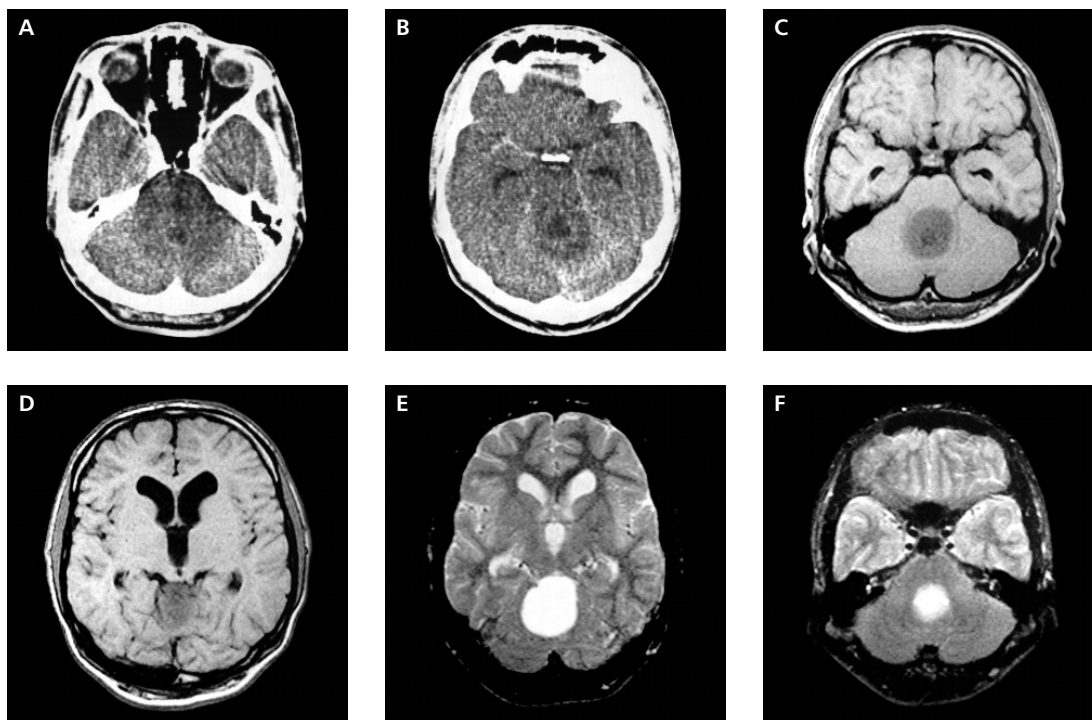
Rycina 9A–C. Glejak wielopostaciowy — wznowa (IV). Chora w wieku 42 lat, operowana 15 miesięcy wcześniej z powodu glejaka lewej okolicy czołowej. Od kilki tygodni silne bóle głowy, zaburzenia orientacji i niedowład prawostronny z afazją; A. MR, sekw. SE, obrazy T₁-zależne: guz w lewym płacie czołowym o zróżnicowanym sygnale wskazującym na obecność methemoglobiny (przebyte krwawienie) oraz z obszarami rozpadu; obrzęk III, efekty z wgłobieniem pod sierp mózgu; BC. Po podaniu środka kontrastowego silne wzmocnienie kontrastowe litej części guza ujawniające hipointensywne obszary rozpadu oraz naciekanie opon

Figure 9A–C. Glioblastoma multiforme (grade 4). Forty two years old woman, with clinical signs of tumors' recurrence. MRI, seq. SE, T₁: a tumor localized in frontal lobe, in the place of removed tumor (post surgical cavern)



Rycina 10A–F. Brodawczak splotu naczyniówkowego (I). Chora w wieku 37 lat, z niedowidzeniem połowicznym lewostronnym, bólami i zawrotami głowy; A–D. MR, sekw. SE, obrazy T₁-, PD- i T₂-zależne: guz o zróżnicowanej budowie, z drobnymi zwapnieniami i ogniskami krwotocznymi, w obrębie trójkąta komorowego prawej komory bocznej; poszerzenie obwodowego odcinka rogu potylicznego komory bocznej prawej; przesiąkanie płynu do istoty białej płata potylicznego; E–F. Silne wzmocnienie kontrastowe guza

Figure 10A–F. Choroid plexus papilloma. Thirty seven years old woman with a hemianopsia and a headache. MA, seq. SE, T₁, PD reveal a heterogenic tumor localized inside the triangle of right ventricle



Rycina 11A–F. Rdzeniak płodowy (IV). Chory w wieku 18 lat, z kilkumiesięcznym wywiadem zaburzeń równowagi, oczopląsu i wymiotów; AB. CT: guz o niskich wartościach współczynnika osłabienia w obrębie górnego robaka mózdzku, ulegający niewielkiemu centralnemu wzmocnieniu; zaciśnięcie zbiornika okolicy wcięcia namiotu mózdzku; C–F. MR, sekw. SE, obrazy T_1 -, T_2 -zależne: guz wykazuje obniżenie intensywności sygnału w obrazach T_1 -, silny sygnał w T_2 -zależnych; uciśnięcie komory IV, poszerzenie nadnamiotowego układu komorowego

Figure 11A–F. Medulloblastoma (grade 4). Eighteen years old boy with vertigo, nystagmus and vomiting. CT and MRI reveal a slightly enhanced tumor localized in upper part of the vermis; widening of lateral ventricles

mi wstecznymi, między innymi obecnością ognisk krwotocznych. Naciekanie ściany, komory i tkanek mózgowia możliwe jest do oceny w MR po wzmocnieniu kontrastowym.

Różnicowanie brodawczaka splotu naczyniówkowego z wyściółczakiem nie jest łatwe na podstawie CT i MR, większość autorów interpretuje tę różnicę następująco: brodawczaki częściej występują w komorze bocznej niż podnamiotowo, częściej stwierdza się drobne zwapnienia i ogniska hemosyderyny, powodują wodogłowie, nawet wtedy, gdy nie blokują odpływu z komór (nadprodukcja płynu mózgowo-rdzeniowego), ulegają silniejszemu, zazwyczaj jednorodnemu wzmocnieniu kontrastowemu i częściej występują są u dzieci [10–13].

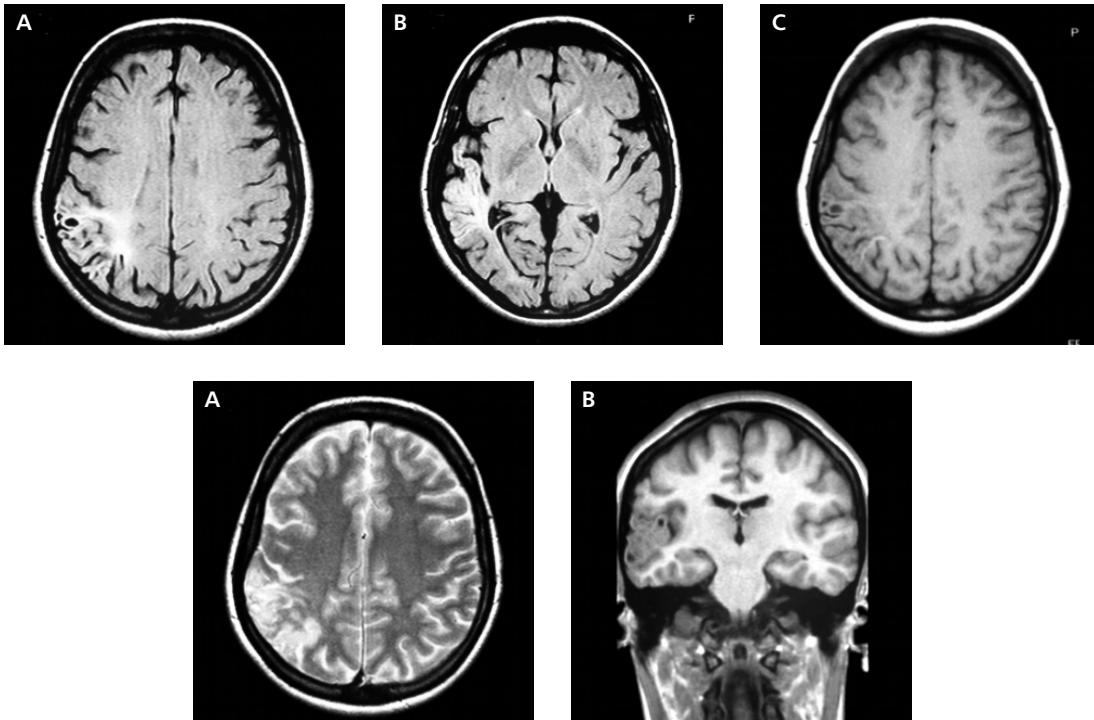
Rdzeniak płodowy

Rdzeniak płodowy (*medulloblastoma*) to jeden z częstszych przedstawicieli grupy guzów o utkaniu embrionalnym (PNET, *primitive neuroectodermal tumor*). Najczęstszą lokalizacją tego guza jest tylny dół czaszki, szczególnie robak mózdzku (ok. 75%). Rdzeniak płodowy

jest anaplastycznym, hiperdensyjnym w CT, jednorodnym guzem, zwykle owalnym, dość dobrze odgraniczonym i otoczonym strefą obrzęku, drobne zwapnienia stwierdza się w około 20% przypadków. Naciekając strop komory IV i sąsiednie struktury, w krótkim czasie prowadzi do wodogłowie. Guz ulega jednorodnemu silnemu wzmocnieniu kontrastowemu w CT i MR. Podanie środka kontrastowego jest pomocne w wykrywaniu ognisk przerzutowych do kanału kręgowego, szerzących się drogą płynu mózgowo-rdzeniowego. Przerzuty do przestrzeni podpajęczynówkowej występują u około 50% pacjentów, dlatego też wskazane jest wykonanie dodatkowego badania MR kanału kręgowego (ryc. 11A–F).

Zwojak, zwojakoglejak, nerwiak komórkowy ośrodkowy, inne neuronalno-glejowe względnie rzadko występujące guzy wewnątrzczaszkowe

Zwojak (*gangliocytoma*, *ganglioglioma*), zwojakoglejak zarodkowy desmoplastyczny (DIG), nerwiak komórkowy ośrodkowy (*central neurocytoma*) oraz inne neuronalno-glejowe względnie rzadko występujące guzy we-



Rycina 12A–E. Zwojakoglejak (DIG). Chora w wieku 16 lat, leczona od 2 lat z powodu epilepsji, napady częściowo złożone, lekooporne. Badanie dwufazowe MR sekwencja SE, T₁, T₂, FLAIR guz w okolicy skroniowo-ciemieniowej prawej bez cech obrzęku, nieulegający wzmocnieniu po Gd-DTPA. AB. W sekwencji FLAIR widoczne bezsygnałowe torbiele oraz hiperintensywna brzeżna strefa; C–E. W sekwencji SE, T₁ i T₂ brak efektu masy i cech naciekania. Zwraca uwagę „wyżłobienie” blaszki wewnętrznej kości na wysokości guza

Rycina 12A–E. Ganglioglioma (desmoplastic infantile ganglioglioma). Sixteen years old girl, with seizures. MRI, SE, FLAIR seq., T₁, T₂, reveal a grape-like nonenhancing tumor localized in temporal - parietal part of right hemisphere

wnętrzaszkowe, takie jak dysembrioplastyczne guzy neuroepitelialne (DNT, *dysembryoplastic neuroepithelial tumours*) zależnie od stopnia złośliwości uwidacznia się w CT jako niewielkie ognisko hipodensyjne o gładkich zarysach lub izodensyjne, niewyraźnie ograniczone, zlokalizowane głównie w półkulach mózgu (powierzchnie), komorze III, pniu mózgu lub mózdzku. Często lokalizacją jest płat skroniowy. Zawiera drobne zwapnienia i torbiele. Może przybierać formę guza torbielowatego z przyściennym guzkiem, wówczas praktycznie niemożliwe jest w CT i MR odróżnienie go od torbielowatych gwiazdziaków. W większości przypadków wzmacnia się jednorodnie w CT i MR. Guz współistnieje często z dysplazją korową (patrz *polymicrogyria*), co może powodować trudności diagnostyczne szczególnie we właściwej ocenie rozległości zmiany. Jeden z guzów tej grupy, rzadko występujący dysplastyczny zwojak mózdzku może współistnieć z chorobą Cowdena, fakomatozą charakteryzującą się występowaniem mnogich hamartomatów.

Zwojakoglejak zarodkowy desmoplastyczny (DIG) występuje najczęściej u dzieci i młodzieży w płatach skro-

niowych, czołowych i ciemieniowych jako torbielowaty guz o zróżnicowanym współczynniku osłabienia w CT i niejednorodnym sygnale w MR. Może osiągać duże rozmiary (śr. > 5 cm), zawiera zwapnienia (75%), torbiele, ogniska martwicy i obszary wtórnego ukrwotoczenia (75%). Towarzyszy mu niewielki obrzęk okołoguzowy. Wzmocnieniu kontrastowemu ulega lita część guza (guzek przyścienny). Opiswane są także guzy typu DIG posiadające lito-torbielkową budowę, wzmacniające się nieregularnie, dobrze odgraniczone (ryc. 12A–E) [14–16].

Piśmiennictwo

1. Kurki T., Lundborm N., Valtonen S. Tissue characterization of intracranial tumors: the value of magnetization transfer and conventional MR. *Neuroradiology* 1995; 37: 515–521.
2. Brant-Zawadzki M., Badami J.P., Mills C.M. i wsp. Pamiry intracranial tumor imagingL: a comparison of magnetic resonance and CT. *Radiology* 1984; 150: 435–440.
3. Walecki J. (red.). *Neuroradiologia. Upowszechnianie nauki — Oświata „UN-O” 2000.*
4. Zakrzewski K. i wsp. *Nowotwory mózgu wieku dziecięcego.* Czelej, Lublin 2004.

5. Chang L., McBride D., Miller B.L. i wsp. Localized In vivo ¹H magnetic resonance spectroscopy and in vitro analyses of heterogeneous brain tumors. *J. Neuroimag.* 1995; 3: 157–163.
6. Kinoshita Y., Kajiwara H., Yokota A. i wsp. Proton magnetic resonance spectroscopy of brain tumors: an in vitro study. *Neurosurgery* 1994; 35: 606–613.
7. Haaga J.R. C.F. Lanzieri, R.C. Glikeson. *CT and MR imaging of the whole body.* Mosby Inc. St.Louis, 2003.
8. Henkelman R.M. High signal intensity in MR image of calcified brain tissue. *Radiology* 1991; 179: 199–206.
9. Huk W.J., Gademann G., Friedman G. i wsp. *MRI of central nervous system diseases.* Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg 1990.
10. Essig M., Hawighorst H., Schoenberg S.O. i wsp. Fast fluid-attenuated inversion-recovery (FLAIR) MR in the assessment of intraxial brain tumors. *J.Mag. Imaging* 1998; 8: 789–798.
11. Kotitschke K., Jung H., Nekolla S. i wsp. High-resolution one- and two-dimensional ¹H MRS of human brain tumor and normal glial cells. *NMR in Biomedicine* 1994; 3: 111–120.
12. Kucharczyk W., Brant-Zawadzki M., Sobel D. i wsp. Central nervous system tumors In children: detection by magnetic resonance imaging. *Radiology* 1985; 155: 131–136.
13. Lee B.C.P., Kneeland J.B., Cahill P.T. MR recognition of supratentorial tumors. *AJNR* 1984; 66: 871–878.
14. Osborn A.G. (red.). *Diagnostic imaging.* Brain. Amirsys Inc. Salt Lake City 2004.
15. Usenius J.P., Kauppinen R.A., Vainio P.A. i wsp. Quantitative metabolite patterns of human brain tumors: detection by ¹H NMR spectroscopy in vivo and in vitro. *J. Comp. Assis. Tomography* 1994; 5: 705–713.
16. Walecki J., GriebP., Chojnacka E. i wsp. Spektroskopia protonowa MR guzów wewnątrzczaszkowych In vivo. *Pol. Przegl.Radiol.* 1998; 63: 225–232.