

Оригінальна стаття

УДК 616-073.756.8-073.8:616.8-089«312»

Робак К.О., Чувашова О.Ю.

Відділ нейрорадіології та радіонейрохірургії, Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України, Київ, Україна

Метод магніторезонансної трактографії: сучасні можливості візуалізації та використання в нейрохірургічній практиці

Вступ. Представлені сучасні можливості магніторезонансної (МР) трактографії в нейровізуалізації та під час планування нейрохірургічного втручання з приводу різних об'ємних утвореннях головного мозку (ГМ).

Мета. Вивчити можливості МР-трактографії для застосування в нейрохірургічній практиці шляхом оцінки стану провідних шляхів (ПШ) при різних об'ємних утворень ГМ та їх вплив на траєкторію основних ПШ.

Матеріали та методи. Магніторезонансна томографія (МРТ) з побудовою МР-трактограм проведена у 143 хворих з різними об'ємними утвореннями ГМ, з них 82 — оперовані з подальшою гістологічною верифікацією.

Результати. За даними МР-трактографії, гліоми характеризувалися інфільтрацією, руйнуванням волокон ПШ та основних ПШ у зоні росту пухлини, зміщенням ПШ за їх локалізації поблизу пухлини внаслідок її об'ємної дії. Об'ємні утворення вузлового типу (невриноми, менінгіоми, солітарні метастази, кістозні утворення, кавернозні ангіоми) характеризувалися зміщенням волокон ПШ та основних ПШ без порушення їх цілісності. За умови значного об'ємного впливу утворення на речовину ГМ спостерігали стоншення ПШ внаслідок стискування його волокон. Хірургічну тактику при об'ємних утвореннях ГМ, зокрема, при гліоми, визначали за ступенем ураження основних ПШ.

Висновки. МР-трактографія — передовий метод, що дає змогу оцінити ступінь ураження ПШ за наявності об'ємних утворень ГМ, дані якої використовують в сучасній нейрохірургії.

Ключові слова: гліоми, невриноми, менінгіоми, метастази, кавернозні ангіоми, МР-трактографія, провідні шляхи.

Укр. нейрохірург. журн. — 2014. — №3. — С. 72-78.

Надійшла до редакції 22.05.14. Прийнята до публікації 17.06.14.

Адреса для листування: Робак Крістіана Олегівна, Відділ нейрорадіології та радіонейрохірургії, Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова, вул. Платона Майбороди, 32, Київ, Україна, 04050, e-mail: krisrobak@ukr.net.

Вступ. Сучасна нейрорадіологія має в своєму арсеналі неінвазивний метод візуалізації — МР-трактографію, яка дозволяє створювати об'ємні моделі пучків волокон ПШ білої речовини ГМ на дифузійно-тензорних зображеннях (ДТЗ). Метод заснований на принципах дифузійно-зваженої магніторезонансної томографії (ДЗМРТ), дозволяє візуалізувати траєкторію ПШ білої речовини ГМ, оцінювати їх цілісність.

За допомогою ДЗМРТ вивчають зміни у волокнах ПШ (напрямку і швидкості дифузії) за таких патологічних процесів ГМ, як: пухлини, аномалії розвитку ЦНС, порушення при черепно-мозковій травмі, запальні процеси, порушення кровообігу ГМ, нейродегенеративні захворювання, фокальна епілепсія [1]. На підставі аналізу цих даних виявляють зміни мікроструктури ПШ ГМ, зокрема, ураження аксонів, оцінюють вираженість демієлінізації, гліозу або інших патологічних процесів, за наявності об'ємного впливу на навколишні структури — зміни траєкторії ПШ білої речовини ГМ [1, 2]. ДЗ МРТ та ДТЗ дозволяють визначити вимірний коефіцієнт дифузії (ВКД) і фракційну анізотропію (ФА), що

відображають процеси у білій та сірій речовині ГМ. Для визначення дифузії в тканинах будують параметричні кольорові дифузійні карти, на яких колір кожного пікселя відповідає ВКД.

Одним з важливих напрямків практичного застосування МР-трактографії є використання її даних у передопераційному плануванні та нейрохірургічній навігації. У теперішній час актуальним питанням у нейрохірургії є прогнозування та забезпечення високої якості життя пацієнтів після операції. Проблеми реабілітації пацієнтів після виконання оперативного втручання мають не менше значення, ніж планування та здійснення самої операції. При локалізації патологічного процесу у функціонально значущих ділянках ГМ, пошкодженні ПШ обмежується можливість видалення патологічного вогнища у максимальному обсязі, а після операції висока ймовірність виникнення або прогресування неврологічного дефіциту [3–5]. Тому основним завданням сучасної нейрохірургії є видалення патологічного вогнища в оптимальному обсязі з збереженням функціонально значущих зон ГМ в суміжних ділянках. МР-трактографія дозволяє оп-

Стаття містить рисунки, які відображаються в друкованій версії — у відтінках сірого, в електронній — у кольорі.

тимізувати передопераційне планування хірургічного доступу та обсягу видалення патологічного вогнища, надаючи найбільш повну інформацію про топографію патологічного процесу, його співвідношення з функціонально значущими ділянками та ПШ ГМ [5, 6].

Мета: вивчити можливості МР-трактографії для застосування в нейрохірургічній практиці шляхом оцінки стану ПШ за різних об'ємних утворень ГМ та їх вплив на траєкторію основних ПШ.

Завдання дослідження.

1. Вивчити стан та хід ПШ у зоні об'ємного утворення та особливості їх співвідношення.

2. Вивчити можливості використання даних МР-трактографії у передопераційному плануванні хірургічного втручання або у нейронавігаційній техніці.

Матеріали і методи дослідження. МРТ з побудовою МР-трактограм проведена у 138 хворих з різними об'ємними утвореннями ГМ, з них оперовані 82 з подальшою гістологічною верифікацією. Використовували томограф "Philips Intera 1,5 T" (Philips, Нідерланди). Вік хворих від 7 до 69 років, у середньому 38 років.

Внутрішньомозкові пухлини півкуль великого мозку діагностовані у 72 хворих, в тому числі з високим ступенем анаплазії — у 15, з низьким ступенем анаплазії та вторинного походження (метастази) — у 57; позамозкові пухлини задньої черепної ямки (ЗЧЯ) — у 27, з них невриноми — у 17, менінгіоми — у 10; кавернозні ангіоми півкуль великого мозку — у 12; об'ємні утворення стовбура ГМ — у 27, з них кістозно-солідні та кістозні пухлини — у 5, гліоми дифузно-вузлового типу росту — у 4, лікворна кіста довгастого мозку — в 1, пухлини IV шлуночка, що вросли у стовбур — у 3, кавернозні ангіоми — у 14.

Обстеження хворих включало: стандартну МРТ, T1 зважене зображення (33) з введенням парамагнітного контрастного агента (0,2 мл/кг), імпульсну послідовність ДТЗ (DwiSE). Обробку даних, побудову та реконструкцію МР-трактограм проводили на автоматичній станції "Dell Precision Workstation 690". Трактограми будували у 3D-реконструкції, тобто у тривимірному зображенні, або у 2D-реконструкції, що давало можливість простежити хід ПШ на кожному зрізі у кожній площині. Для побудови кожного ПШ обирали кілька «ділянок інтересу» у точках, через які мають проходити волокна певного ПШ в одній або двох проєкціях. Зображення побудованих ПШ у подальшому поєднували з анатомічним зображенням. ПШ відслідковували у довільному забарвленні. За наявності гліом півкуль великого мозку вимірювали показники дифузії: ФА та ВКД — у зоні інтересу в ураженій півкулі та в аналогічній зоні протилежної півкулі, де показники розцінювали як норму.

Ураження ПШ білої речовини ГМ оцінювали за критеріями: зміщення, інфільтрація, руйнування.

Інфільтрація — візуалізація ПШ в зоні патологічного МР-сигналу без порушення його цілісності, зміни траєкторії, за незначного зниження ФА; зміщення — відхилення траєкторії ПШ від його нормальної анатомічної орієнтації без порушення цілісності, за нормальної або дещо зниженої ФА; руйнування — відсутність візуалізації ПШ або його часткова візуалізація за значного зниження ФА.

Дані МР-трактографії дозволяли провести візуальну оцінку волокон ПШ у зоні росту пухлини та основних ПШ, що локалізувалися поблизу пухлини. Хірургічна тактика визначалася ступенем ураження основних ПШ. При зміщенні ПШ без порушення їх цілісності обирали тактику максимально можливого видалення патологічного вогнища у зоні, обмеженій ПШ. В ділянці руйнування частини волокон та стоншення основних ПШ, що локалізувалися у зоні інфільтрації пухлиною, хірургічна тактика вимагала щадного видалення пухлини по перифокальній зоні на межі з ПШ [5, 6].

Результати та їх обговорення. За даними МР-трактографії гліоми з високим ступенем анаплазії характеризувалися інфільтрацією, руйнуванням волокон ПШ, зміщенням волокон внаслідок об'ємного впливу пухлини [7–9]. В 11 (15,2%) хворих за наявності доброякісної гліоми з інфільтративним типом росту у ділянці інфільтрації пухлиною спостерігали руйнування асоціативних волокон (рис. 1). По периферії пухлини волокна були розсунуті, огинали пухлину.

За наявності доброякісних гліом з кістозним компонентом у 4 (5,5%) хворих короткі асоціативні волокна огинали пухлину, основні ПШ зміщені без ознак інфільтрації і порушення цілісності. Розрив ПШ спостерігали при поєднанні вираженого перифокального набряку, інфільтрації і об'ємної дії пухлини у 7 (9,7%) хворих.

За даними МР-трактографії, при злоякісних гліомах (III–IV ступеня анаплазії) у 45 (62,5%) хворих в центрі пухлини спостерігали руйнування волокон —

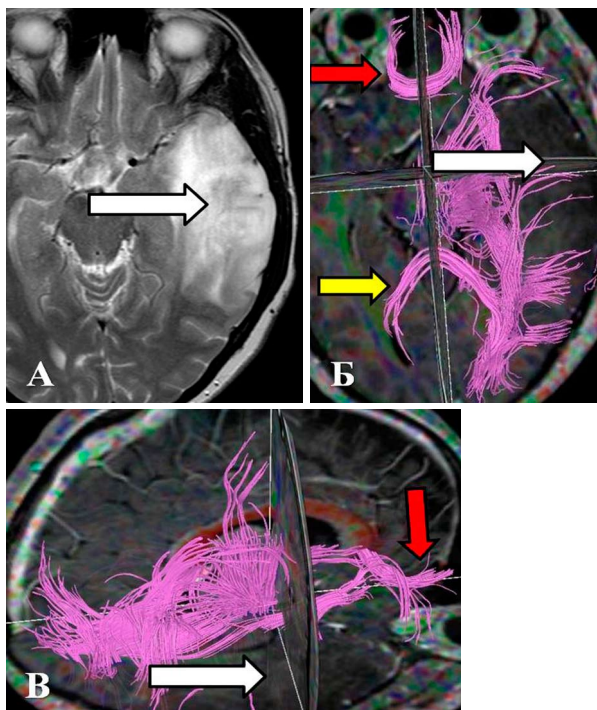


Рис. 1. Хворий К., 28 р. Фібрилярна астроцитома з інфільтративним типом росту (біла стрілка) скроневої частки на T233 (А) та 3D (Б, В) МР-трактограмах. У ділянці інфільтрації пухлиною руйнування (відсутність) волокон. Червоною стрілкою позначені комісуральні волокна коліна мозолистого тіла; жовтою — волокна його потовщення.

стромі пухлини волокна або не візуалізувалися, або частково візуалізувалися, як поодинокі короткі волокна (**рис. 2, 3**). Волокна навколо пухлини були зміщені до периферії, інфільтровані, розрізнені. При поєднанні інфільтрації нервових волокон з вираженим набряком спостерігали розрив та руйнування нервових пучків у зоні набряку, волокна візуалізувалися переважно по периферії зони набряку у вигляді окремих розрізнених пучків — у 27 (37,5%) хворих (**рис. 4**).

У 12 хворих за наявності метастатичної пухлини короткі асоціативні волокна по периферії утворення

зміщені, огинали його, основні ПШ зміщені пухлиною без порушення їх цілісності або інфільтрації.

За даними МР-трактографії та ДТЗ, руйнування ПШ виявлене у 37 (51,3%) хворих, переважно за наявності гліобластоми. Руйнування ПШ зумовлене поєднанням набряку, інфільтрації пухлиною та її об'ємного впливу. Найбільше значення має стан КСШ, бо відсутність його інфільтрації пухлиною є одним з провідних критеріїв для субтотального видалення пухлини.

За даними ДТЗ проводили кількісну оцінку показників дифузії в ділянці ураження пухлиною. Так, в

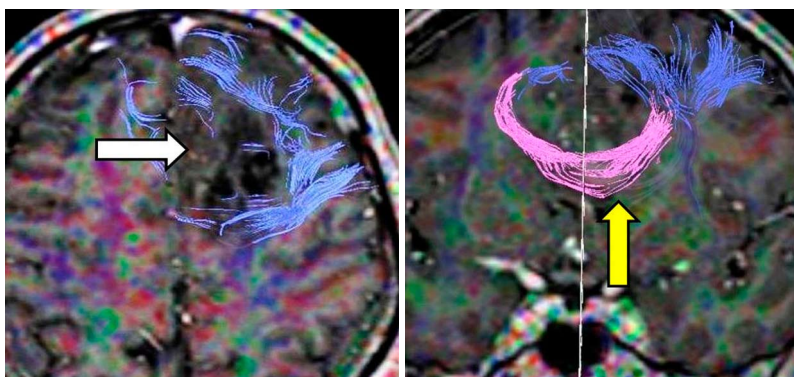


Рис. 2. Хворий Р., 33 р. Анапластична астроцитома лобово-мозолистої локалізації. На МР-трактограмах у зоні пухлини (біла стрілка) спостерігали руйнування волокон, по периферії пухлини — розрив розрізнених нервових пучків (синій). У мозолистому тілі у ділянці росту пухлини — частковий розрив та інфільтрація (жовта стрілка) комісуральних волокон (рожевий).

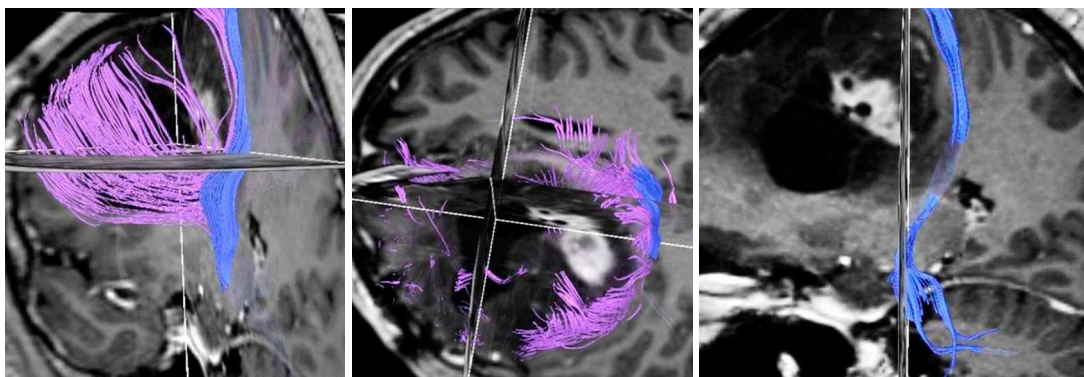


Рис. 3. Хвора Л., 43 р. Анапластична астроцитома лобово-тім'яної ділянки. На МР-трактограмах спостерігали руйнування асоціативних волокон в центрі пухлини, по периферії — волокна зміщені (бузковий), переважно до тім'я та донизу. Корковоспинномозковий шлях (КСШ) (синій) безперервний, відтиснутий пухлиною кзаду, траєкторія його подібна до дуги.

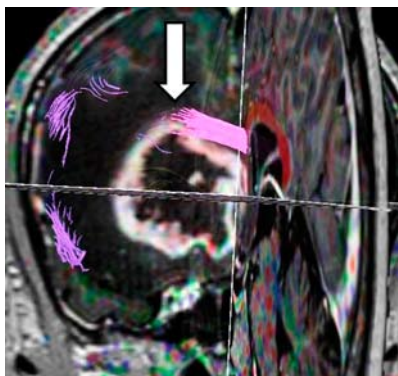


Рис. 4. Хворий П., 52 р. Гліобластома лобово-мозолистої локалізації. Пухлина оточена вираженою зоною набряку. На МР-трактограмах спостерігали обрив (біла стрілка) пучка комісуральних волокон (рожевий) коліна мозолистого тіла в зоні інфільтрації пухлиною та виражений перифокальний набряк. У зоні набряку асоціативні волокна відсутні (зруйновані), по периферії цієї зони — поодинокі пучки волокон (бузковий).

зоні інфільтрації пухлиною за наявності доброякісної гліоми в усіх 15 хворих відзначали деяке зниження ФА та підвищення ВКД. ВКД в зоні інфільтрації пухлиною становив у середньому $(1,56 \pm 0,275) \times 10^{-3}$ мм²/с, ФА — $0,403 \pm 0,123$. Показники дифузії в ділянці пухлини при злоякісних гліомах варіабельні, проте, ФА в зоні інфільтрації пухлиною та перифокального набряку менша, ніж у контралатеральній півкулі. Так, в зоні інфільтрації пухлиною в усіх 45 хворих відзначали зменшення ФА та ВКД. У зоні розпаду (некрозу) ФА значно знижена. ВКД в стромі пухлини в зоні накопичення контрастної речовини становив $(1,12 - 0,56 \pm 0,172) \times 10^{-3}$ мм²/с, ФА — $0,11 - 0,59 \pm 0,01$. У зоні пухлинного набряку ВКД становив у середньому $(0,899 \pm 0,27) \times 10^{-3}$ мм²/с, ФА — $0,17 \pm 0,11$. Руйнування ПШ внаслідок інфільтрації пухлиною та набряку проявлялося його перериванням за даними МР-трактографії та гранично низькою анізотропією (ФА $0,06 \pm 0,01$). ФА та ВКД за вторинного ураження (метастази) менші у порівнянні з такими у неуразеній білій речовині ГМ: ВКД у межах $(0,78 - 0,82 \pm 0,276) \times 10^{-3}$ мм²/с, ФА — $0,12 - 0,46 \pm 0,009$. За наявності солідних метастазів з некрозом у центрі ВКД аналогічний такому при гліобластомі.

З позамозкових пухлин найбільший інтерес викликали ті, що локалізувалися у мосто-мозочковому куті ЗЧЯ, які справляли об'ємний вплив на стовбур ГМ, та пов'язані з великими черепними нервами (V, VII, VIII) [10–12]. За наявності невриноми присінково-завиткового нерва та менінгіоми мосто-мозочкового кута, особливо за великих пухлин, у передопераційному плануванні вкрай важливо візуалізувати хід волокон лицевого та трійчастого нервів, їх співвідношення з пухлиною, а також морфологічну форму при стисканні нервів пухлиною [10, 11, 13, 14].

В усіх 17 хворих VII нерв, а також власні пучки завиткового та пристінкового нервів візуалізувалися єдиним провідним пучком як комплекс VII/VIII нервів, що зумовлене спорідненістю розмірів та їх анатомічної близькістю розташування, а також обмеженням розміру вокселя [13–15].

При невеликих інтраканальних невриномах присінково-завиткового нерва (діаметром до 15 мм) цілісність волокон провідного пучка комплексу VII/VIII нервів не порушувалася — у 7 (41,1%) хворих, при великих інтраекстраканальних пухлинах (діаметром 20–30 мм і більше)

спостерігали стоншення, руйнування та розрив волокон — у 10 (5,9%) хворих (рис. 5).

При невриномах та менінгіомах мосто-мозочкового кута діаметром понад 15 мм — у 19 (70,3%) хворих відзначали зміщення пухлиною провідного пучка трійчастого нерва без порушення його цілісності. Менінгіоми мосто-мозочкового кута без ознак поширення у внутрішній слуховий хід (у 6 хворих) справляли об'ємний вплив на трійчастий нерв та комплекс VII/VIII нервів, зміщуючи їх, а також спричиняли зміщення й деформацію мосто-мозочкового ПШ. При поширенні менінгіом у внутрішній слуховий хід спостерігали переривання нервових волокон та стоншення провідного пучка — у 4 хворих (рис. 6).

Вплив позамозкових пухлин, що локалізувалися у мосто-мозочковому куті, на КСШ в усіх 20 хворих об'ємний — ПШ деформований, зміщений, без порушення цілісності.

При локалізації об'ємного утворення у стовбурі мозку дуже важливо знати розташування, стан та зміну траєкторії КСШ, що слід мати на увазі під час

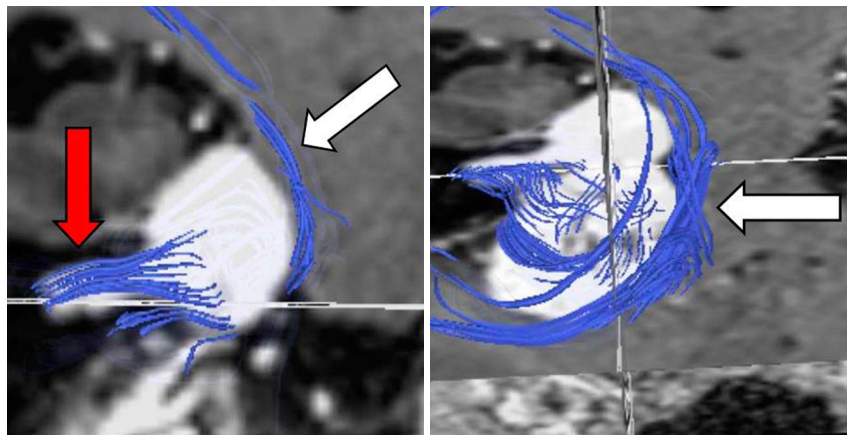


Рис. 5. Хворий Г., 48 р. Інтра-екстраканальна невринома VIII нерва. Провідні волокна в інтраканальній частині пухлини (червона стрілка) спостерігають як щільний пучок, в екстраканальній частині — волокна розірвані, розрізнені, частина з них зруйновані. Волокна мосто-мозочкового ПШ зміщені медіально (біла стрілка), огинають пухлину.

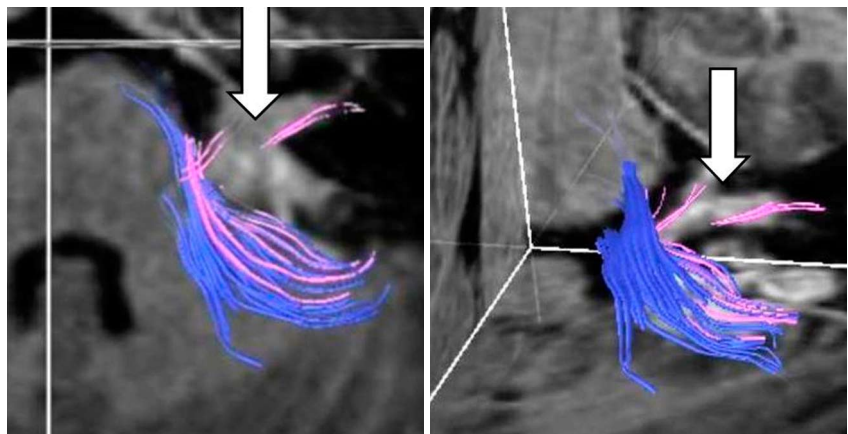


Рис. 6. Хвора В., 48 р. Менінгіома мосто-мозочкового кута зліва з поширенням у внутрішній слуховий хід. Розрив (стрілка) провідного пучка комплексу VII/VIII нервів (рожевим), який стоншений. Провідні волокна мосто-мозочкового ПШ (синім) деформовані, огинають пухлину.

планування хірургічного доступу для видалення патологічного вогнища [16].

Новоутворення, що локалізувалися у стовбурі мозку, справляли лише об'ємний вплив на КСШ та мосто-мозочкові ПШ, без порушення їх цілісності.

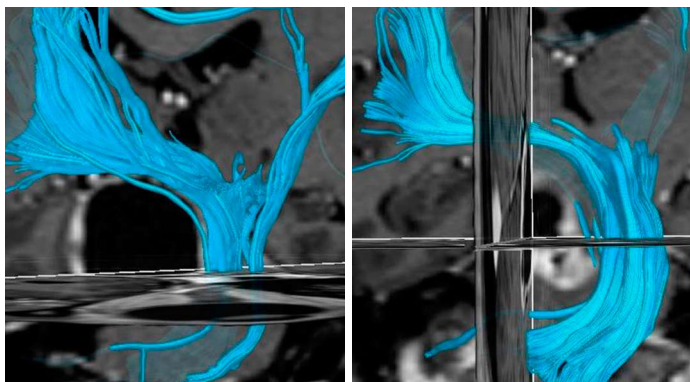


Рис. 7. Хвора С., 30 р. Кістозна пухлина стовбура ГМ. Змінена траєкторія обох КСШ (блакитний), які зміщені пухлиною вліво (більше правий КСШ), без порушення їх цілісності. Правий КСШ огинає капсулу пухлини, стиснутий, відтиснутий пухлиною вліво, зливається з зображенням лівого КСШ. Обидва КСШ у стовбурі ГМ візуалізуються єдиним пучком.

В усіх 27 хворих спостерігали зміни траєкторії ПШ, переважно їх зміщення (**рис. 7**).

За наявності кавернозних ангіом з ознаками крововиливу (з утворенням внутрішньомозкових гематом) у 6 хворих, крім зміщення, визначали стоншення ПШ, внаслідок стискання його волокон, без порушення цілісності (**рис. 8**).

Після хірургічного втручання з видаленням кавернозної ангіоми з гематомою у ранньому післяопераційному періоді спостерігали відновлення товщини ПШ у 4 хворих (**рис. 9**). У 2 хворих відзначали деякі зміни траєкторії ПШ, що проходили поблизу післяопераційного дефекту паренхіми ГМ, який і зумовлював ці зміни.

При порівнянні функціонального стану хворих, оперованих з приводу об'ємних новоутворень ГМ з використанням системи мультимодальної нейронавігації чи мікрохірургічної техніки, за даними МР-трактографії, встановлене збільшення кількості хворих, у яких індекс Карновські перевищував 70 балів. У 78 (95,2%) хворих тяжкість неврологічних розладів відповідала такій до операції. Повний регрес неврологічних симптомів відзна-

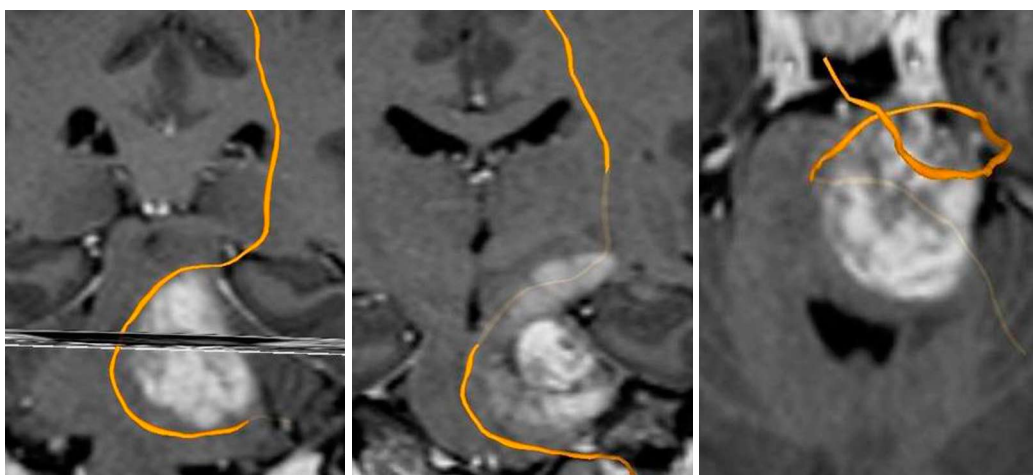


Рис. 8. Хворий П., 32 р. Кавернозна ангіома моста та лівої ніжки мозку з формуванням внутрішньомозкової гематоми внаслідок крововиливу. На МР-трактограмах лівий КСШ (жовтий) стоншений, зміщений гематомою медіально, має S-подібний хід, огинає гематому.

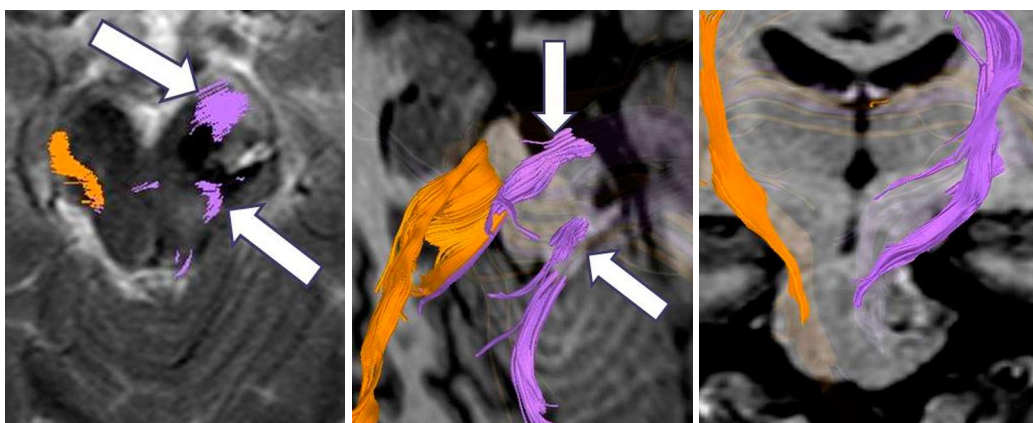


Рис. 9. Хворий П., 32 р. Стан після видалення внутрішньомозкової гематоми. Товщина лівого КСШ (бузковий) подібна до такої правого КСШ (жовтий), проте, візуалізується у вигляді двох пучків (стрілки), що проходять попереду та позаду післяопераційного дефекту.

чений у 2 (2,4%) хворих, частковий — у 2 (2,4%), погіршення стану після хірургічного втручання, під час якого використовували дані МР-трактографії, не спостерігали.

Результати дослідження, проведеного у хворих за різних за гістологічним типом об'ємних новоутворень суб-супратенторіальних відділів ГМ, переконливо свідчать про доцільність проведення МР-трактографії в сучасній нейрохірургії для оптимального планування та видалення патологічних вогнищ, збереження функціонально значущих зон ГМ та ПШ.

Безперечно перспективність методу МР-трактографії при аномаліях розвитку ЦНС, порушеннях після черепно-мозкової травми, запальних процесах, порушеннях кровообігу ГМ, нейродегенеративних захворюваннях.

Висновки. 1. МР-трактографія забезпечує важливу інформацію про стан основних ПШ ГМ та зміни їх траєкторії за наявності вогнищевих уражень.

2. Дані МР-трактографії мають важливе практичне значення у нейронавігації та під час планування мікрохірургічного втручання, вибору оптимального хірургічного доступу, визначення адекватного обсягу видалення новоутворення. У 95,2% хворих тяжкість неврологічних розладів відповідала такій до операції, у 2,4% — відзначений регрес неврологічних симптомів, погіршення стану після хірургічного втручання з використанням МР-трактографії не спостерігали.

3. Для гліом, як за високого, так і низького ступеня анаплазії характерні інфільтрація та руйнування коротких волокон ПШ в зоні пухлини. Руйнування ПШ, розташованих у зоні інфільтрації пухлиною, спостерігали за наявності злоякісних гліом та доброякісних гліом, при поєднанні вираженого перифокального набряку, інфільтрації та об'ємного впливу пухлини. За наявності великих доброякісних гліом спостерігали поєднання інфільтрації та руйнування волокон в зоні пухлини, їх зміщення по периферії пухлини. При локалізації основних ПШ поблизу пухлини відзначали зміну їх траєкторії (зміщення) внаслідок об'ємного впливу пухлини.

4. Для об'ємних новоутворень вузлового типу (невриноми, менінгіоми, солітарні метастази, кістозні утворення, кавернозні ангиоми тощо) характерним було зміщення волокон ПШ без порушення їх цілісності. Виявляли як зміщення коротких асоціативних волокон навколо утворення, так і зміну траєкторії основних ПШ, що проходили поблизу утворення. За значного об'ємного впливу новоутворення на тканину ГМ виявляли стоншення ПШ, стискання його волокон.

Список літератури

1. Diffusion-tensor MR imaging and fiber tractography: a new method of describing aberrant fiber connections in developmental CNS anomalies / S.K. Lee, D.I. Kim, J. Kim, D.J. Kim, H.D. Kim, D.S. Kim, S. Mori // *Radiographics*. — 2005. — V.25. — P.53–65.
2. Використання дифузійно-тензорних зображень в неврологічній практиці (огляд літератури) / О.С. Сальнікова,

- В.І. Рудиця, К.О. Робак [та ін.] // *Променева діагностика, променева терапія*. — 2007. — №2. — С.35–39.
3. Sanai N. Extent of resection influences outcomes for patients with gliomas / N. Sanai, M.S. Berger // *Rev. Neurol*. — 2011. — V.167, N10. — P.648–654.
4. Chen Y. Differences in the architecture of low-grade and high-grade gliomas evaluated using fiber density index and fractional anisotropy / Y. Chen, Y. Shi, Z. Song // *J. Clin. Neurosci*. — 2010. — V.17, N7. — P.824–829.
5. Применение данных магниторезонансной трактографии в нейронавигационном сопровождении хирургических вмешательств при опухолях полушарий большого мозга / В.Д. Розуменко, О.Ю. Чувашова, В.И. Рудиця, А.В. Розуменко // *Укр. нейрохірург. журн.* — 2011. — №2. — С.65–68.
6. Role of diffusion tensor magnetic resonance tractography in predicting the extent of resection in glioma surgery / A. Castellano, L. Bello, C. Michelozzi, M. Gallucci, E. Fava, A. Iadanza, M. Riva, G. Casaceli, A. Falini // *J. Life Sci. Med. Neuro-Oncol*. — 2011. — V.14, N2. — P.192–202.
7. "Tumoral pseudoblush" identified within gliomas at high-spatial-resolution ultrahigh-field-strength gradient-echo MR imaging corresponds to microvasculature at stereotactic biopsy / G.A. Christoforidis, M. Yang, A. Abduljalil, A.R. Chaudhury, H.B. Newton, C.R. Epstein, W.T. Yuh, S. Watson, P.M. Robitaille // *Radiology*. — 2012. — V.264, N1. — P.210–217.
8. Duffau H. New concepts in surgery of WHO grade II gliomas: Functional brain mapping, connectionism and plasticity — a review / H. Duffau // *J. Neurooncol*. — 2006. — V.79, N1. — P.77–115.
9. White matter integrity assessed by diffusion tensor tractography in a patient with a large tumor mass but minimal clinical and neuropsychological deficits / M. Bozzali, S.E. MacPherson, M. Cercignani, W.R. Crum, T. Shallice, J.H. Rees // *Funct. Neurol*. — 2012. — V.27, N4. — P.239–246.
10. Diffusion tensor imaging-based fiber tracking for prediction of the position of the facial nerve in relation to large vestibular schwannomas / V.M. Gerganov, M. Giordano, M. Samii, A. Samii // *J. Neurosurg*. — 2011. — V.115, N6. — P.1087–1093.
11. Displacement of the facial nerve course by vestibular schwannoma: Preoperative visualization using diffusion tensor tractography / T. Taoka, H. Hirabayashi, H. Nakagawa, M. Sakamoto, K. Myochin, S. Hirohashi, S. Iwasaki, T. Sakaki, K. Kichikawa // *J. Magn. Reson. Imag*. — 2006. — V.24, N5. — P.1005–1010.
12. Григорян Ю.А. Тригеминальная невралгия и опухоли мостомозжечкового угла / Ю.А. Григорян, А.Р. Ситников // *Рос. нейрохирург. журн. им. проф. А.Л. Поленова*. — 2010. — Т.2, №1. — С.28–41.
13. White matter tract alterations assessed with diffusion tensor imaging and tractography in patients with solid posterior fossa tumors / Y. Carvi, M.N. Nieves, H.G. Hoellerhage, C. Drahten // *Neurol. Ind*. — 2010. — V.58, N6. — P.914–921.
14. Three-dimensional in vivo modeling of vestibular schwannomas and surrounding cranial nerves with diffusion imaging tractography / D.Q. Chen, J. Quan, A. Guha, M. Tymianski, D. Mikulis, M. Hodaie // *Neurosurgery*. — 2011. — V.68, N4. — P.1077–1083.
15. Hodaie M. In vivo visualization of cranial nerve pathways in humans using diffusion-based tractography / M. Hodaie, J. Quan, D.Q. Chen // *Neurosurgery*. — 2010. — V.66, N4. — P.788–796.
16. Brainstem corticospinal tract diffusion tensor imaging in patients with primary posterior fossa neoplasms stratified by tumor type: a study of association with motor weakness and outcome / Y.W. Lui, M. Law, J. Chacko-Mathew, J.S. Babb, K. Tuvia, J.C. Allen, D. Zagzag, G. Johnson // *Neurosurgery*. — 2007. — V.61, N6. — P.1199–1207.

Робак К.О., Чувашова О.Ю.

Отдел нейрорадиологии и радионейрохирургии, Институт нейрохирургии им. акад. А.П. Ромоданова НАМН Украины, Киев, Украина

Метод магниторезонансной трактографии: современные возможности визуализации и использования в нейрохирургической практике

Вступление. Представлены современные возможности магниторезонансной (МР) трактографии в нейровизуализации и при планировании нейрохирургического вмешательства по поводу различных объемных образований головного мозга (ГМ).

Цель. Изучить возможности МР-трактографии для применения в нейрохирургической практике путем оценки состояния проводящих путей (ПП) при различных объемных образованиях ГМ и их воздействие на траекторию основных ПП.

Материалы и методы. Магниторезонансная томография с построением МР-трактограмм проведена у 143 больным с различными объемными образованиями ГМ, из них 82 — оперированы с последующей гистологической верификацией.

Результаты. По данным МР-трактографии, глиомы характеризовались инфильтрацией, разрушением ПП и основных ПП в зоне роста опухоли, смещением ПП при их локализации вблизи опухоли вследствие ее объемного действия. Объемные новообразования узлового типа (невриномы, менингиомы, солитарные метастазы, кистозные образования, кавернозные ангиомы) характеризовались смещением волокон ПП и основных ПП без нарушения их целостности. При значительном объемном воздействии образования на вещество ГМ наблюдали истончение ПП вследствие сдавления его волокон. Хирургическая тактика при объемных образованиях, в частности, глиомах, определялась степенью поражения основных ПП.

Выводы. МР-трактография — передовой метод, позволяющий оценить степень поражения ПП при объемных образованиях ГМ, данные которой используют в современной нейрохирургии.

Ключевые слова: глиомы, невриномы, менингиомы, метастазы, кавернозные ангиомы, МР-трактография, проводящие пути.

Укр. нейрохірург. журн. — 2014. — №3. — С. 72-78.

Поступила в редакцию 22.05.14. Принята к публикации 17.06.14.

Адрес для переписки: Робак Кристиана Олеговна, Отдел нейрорадиологии и радионейрохирургии, Институт нейрохирургии им. акад. А.П. Ромоданова, ул. Платона Майбороды, 32, Киев, Украина, 04050, e-mail: krisrobak@ukr.net.

Robak K.O., Chuvashova O.Yu.

Department of Neuroradiology and Radioneurosurgery, Institute of Neurosurgery named after acad. A.P. Romodanov, NAMS of Ukraine, Kiev, Ukraine

MR-tractography method: modern features of visualization and use in neurosurgical practice

Introduction. Modern features of MR-tractography in neuroimaging and at neurosurgical intervention planning at different brain tumors are presented.

The purpose. To study MR-tractography facilities for use in neurosurgical practice by assessing the state of pathways at different brain tumors and their impact on the trajectory of main pathways.

Materials and methods. MRI with MR-tractography were performed 143 patients with different brain tumors, 82 of them have been operated with further histological verification.

Results. According to MR-tractography data gliomas were characterized by infiltration, destruction of conductive fibers and main pathways in the area of tumor growth, paths offset due to tumor's volume effect. Nodal tumors (schwannoma, meningioma, solitary metastasis, cystic formation, cavernous angioma) were characterized by offset of conductive fibers and the main paths, without tampering. In case of tumor's significant volume impact on brain tissue paths thinning was observed due to compression of their fibers. Surgical tactics at volume formations, particularly at gliomas, was determined by degree of main paths lesion.

Conclusions. MR-tractography — an advanced method to assess conductive paths lesion degree at brain tumors, it's data are used in modern neurosurgery.

Key words: gliomas, schwannomas, meningiomas, metastases, cavernous angiomas, MR-tractography, conductive paths.

Ukr Neyrokhir Zh. 2014; 3: 72-8.

Received, May 22, 2014. Accepted, June 17, 2014.

Address for correspondence: Robak Kristiana, Department of Neuroradiology and Radioneurosurgery, Institute of Neurosurgery named after acad. A.P. Romodanov, 32 Platona Mayborody St., Kiev, Ukraine, 04050, e-mail: krisrobak@ukr.net.