

ЛЕКЦИЯ

© Ю.В. ПУРАС, Е.В. ГРИГОРЬЕВА, 2014

МЕТОДЫ НЕЙРОВИЗУАЛИЗАЦИИ В ДИАГНОСТИКЕ ЧЕРЕПНО-МОЗГОВОЙ ТРАВМЫ. ЧАСТЬ 2. КОМПЬЮТЕРНАЯ И МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ (СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТОДИКИ). РАДИОНУКЛИДНЫЕ МЕТОДЫ НЕЙРОВИЗУАЛИЗАЦИИ**Ю.В. Пурас, Е.В. Григорьева**

НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, Москва

Черепно-мозговая травма (ЧМТ) является одним из наиболее частых видов повреждений и занимает первое место среди причин летальности и инвалидизации трудоспособного населения развитых стран. Одними из путей улучшения качества оказываемой медицинской помощи пациентам с тяжелой ЧМТ являются своевременная экстренная диагностика повреждений мозга и выбор правильного диагностического метода, которые позволяют оценить объем, тяжесть травмы и степень воздействия вторичных факторов повреждения мозга.

Во второй части статьи представлен обзор специальных методов компьютерной и магнитно-резонансной томографии (КТ и МРТ), применяемых в диагностике ЧМТ (КТ-ангиографии, перфузионных КТ и МРТ, диффузионно-взвешенной и диффузионно-тензорной МРТ), а также радионуклидных методов (позитронной эмиссионной и однофотонной эмиссионной компьютерной томографии). Описаны диагностические возможности, преимущества и недостатки каждого метода.

Ключевые слова: черепно-мозговая травма, нейровизуализация, компьютерная томография, магнитно-резонансная томография, позитронная эмиссионная томография, однофотонная эмиссионная компьютерная томография.

Head injury (HI) is one of the most frequent types of damage and occupies the first place among morbidity and mortality causes at working-age population of developed countries. The well-time emergent diagnostics of brain injuries as well as selection of correct diagnostic methods which allows estimating the volume and severity of trauma as well as evaluating the severity of exposure to secondary brain damage factors are the courses for improving the quality of administered medical aid for patients with severe HI.

The second part of this article presents the review of special methods of computer tomography and magnetic resonance imaging (CT and MRI), applied for HI diagnostics (CT-angiography, CT-perfusion and MRI-perfusion, diffusion-weighted MRI and diffusion-tensor MRI) as well as radionuclide methods (positron emission computer tomography and single-photon emission computed tomography (SPECT)). The diagnostic possibilities as well as advantages and disadvantages of each method are described.

Key words: head injury, neurovisualization, computer tomography, magnetic resonance imaging, positron emission computer tomography, single-photon emission computed tomography.

Помимо стандартной аксиальной проекции, при компьютерной томографии (КТ), выполненной тонкими срезами (толщиной 1-2 мм) в спиральном режиме, возможна последующая обработка «сырых» данных и построение 2D-реформаций в сагиттальной и фронтальной плоскости, а также 3D-реконструкций, причем современное программное обеспечение рабочих станций часто позволяет совмещать изображение костей черепа, сосудов головного мозга и поверхность коры с патологическим очагом либо оболочечной гематомой, а также сопоставлять данные КТ с положением головы пациента в режиме реального времени на нейронавигационных станциях. Объемное 3D-моделирование в диагностике черепно-мозговой травмы (ЧМТ) используют

для визуализации сложных переломов черепа и костей лицевого скелета, при планировании пластики посттравматических дефектов, для определения инородных тел в полости черепа, при КТ-ангиографии. Метод объемного 3D-КТ-моделирования с успехом применяют в нейронавигационных станциях, что позволяет в режиме реального времени планировать и осуществлять доступ к очагам повреждения мозга глубинной локализации и малого объема, расположенных в функционально значимых областях мозга и ранее считавшихся неоперабельными [3, 4] (рис. 1).

Внутривенное контрастирование йодсодержащими рентгеноконтрастными препаратами при проведении КТ у пациентов с ЧМТ применяют в диагностике хронических гематом, гнойно-вос-

* Часть 1 опубликована в № 2 2014 г., стр. 7–16.

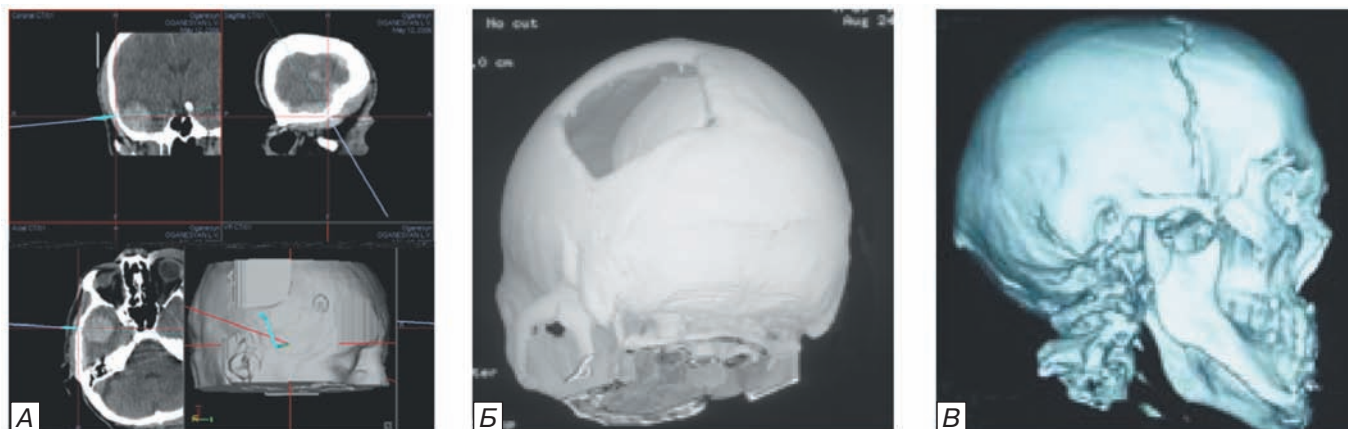


Рис. 1. Примеры построения 3D-моделей на основе стандартных аксиальных КТ-срезов: А) совмещение данных КТ с нейронавигационной станцией. Планирование операционного доступа в режиме реального времени; Б) лизирование краев костного лоскута в левой теменно-затылочной области и его смещение в полость черепа; В) перелом правых височной и теменных костей с расхождением линии перелома, перелом правой скуловой кости.

Fig. 1. The examples of 3D-models forming at the base of routine axial CT-scans: A) the adjustment of CT data with neuronavigation station for planning of surgical approach in real time mode; B) the borders lysis of bone flap in left parieto-occipital region and its dislocation into cranial cavity; B) the fracture of right temporal and parietal bones with disruption of fracture line, the fracture of right zygomatic bone.

палительных осложнений ЧМТ (абсцессов, подпапневротических и субдуральных эмпием), для выявления наружной ликворной фистулы при переломах костей основания черепа, сопровождающихся наружной ливореей (КТ-цистернография), а также для изучения состояния желудочковой системы при нарушениях циркуляции ЦСЖ (КТ-вентрикулография) [3, 4, 8] (рис. 2).

КТ-ангиографию проводят путем болюсного введения йодсодержащего рентгеноконтрастного препарата со скоростью 4,5-5 мл/с, а затем сканирования с толщиной срезов 1-3 мм с вре-

менной задержкой для визуализации артериальной фазы от 18 до 20 с. После сканирования на рабочей станции выполняют построение 2D- и 3D-моделей для оценки просвета и хода артерий, их взаимоотношений с прилежащими костными структурами и веществом головного мозга [3, 4, 6]. КТ-ангиографию в диагностике ЧМТ применяют при проникающих ранениях черепа и головного мозга, при наличии инородных тел в полости черепа, для изучения взаимоотношений между крупными артериями головного мозга и ранящим предметом, а также исключения повреждения стенки артерии.

Перфузионная КТ — метод КТ с внутривенным болюсным контрастным усилением, который позволяет визуально и количественно оценивать мозговой кровоток и тканевую перфузию в разных отделах мозга, что является недоступным при рутинной КТ. При перфузионной КТ анализируют изменение плотности при контрастировании выбранного объема вещества головного мозга в артериальную, венозную и капиллярную фазы и с помощью математического анализа вычисляют основные гемодинамические параметры для выделенного объема: объемную скорость мозгового кровотока (CBF, мл/100 г/мин), церебральный объем крови (CBV, мл/100 г), среднее время транзита крови через данный участок мозга (MTT, с) на момент исследования и время до достижения максимальной (пиковой) концентрации контрастного вещества (TTP, с). Эти показатели изменяются уже с первых минут развития ишемических изменений и связаны соотношением: $CBV = CBF \times MTT$ [3-5, 10, 13, 18].

У пациентов с ЧМТ перфузионную КТ применяют в оценке динамики развития очагов ушиба, вторичных ишемических повреждений мозга и в диагностике диффузного аксонального повреждения (ДАП). Снижение показателей церебральной

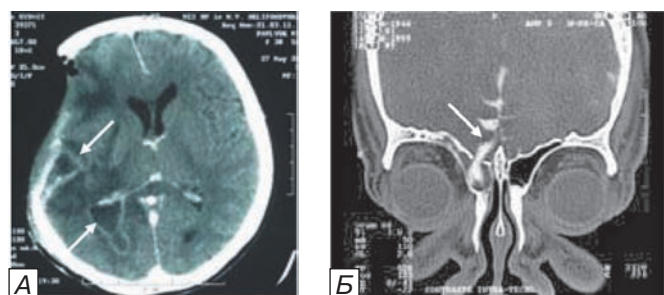


Рис. 2. Применение КТ головного мозга с контрастным усилением в диагностике ЧМТ: А) КТ головного мозга с контрастным усилением. Аксиальный срез. Множественные абсцессы правого полушария головного мозга. Капсула абсцессов хорошо накапливает контрастное вещество (указано стрелками); Б) КТ-цистернография. Фронтальная проекция. Распространение контрастного вещества через дефект дна передней черепной ямки в лобную пазуху (указано стрелкой).

Fig. 2. The usage of brain CT with intravenous contrast in HI diagnostics: A) Brain CT with intravenous contrast, axial scan. The multiple abscesses of right cerebral hemisphere. The abscesses' capsules are well-marked by accumulating the contrast agent (arrows); Б) CT-cisternography, frontal view. The passage of contrast agent via defect of anterior cranial fossa floor into frontal sinus (arrow).

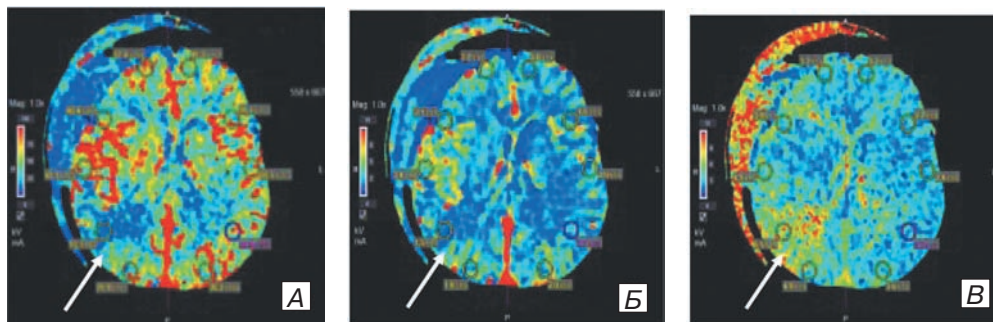


Рис. 3. Пример использования перфузионной КТ в диагностике вторичных ишемических повреждений мозга: А) цветная CBF-перфузионная карта. Отмечается локальное снижение объемной скорости мозгового кровотока (CBF) в правых височной и затылочной долях головного мозга (указано стрелкой); Б) цветная CBV-перфузионная карта. Отмечается снижение церебрального объема крови (CBV) в правых височной и затылочной долях в

2 раза по сравнению с противоположной стороной (указано стрелкой); В) цветная MTT-перфузионная карта. В правых височной и затылочной долях за счет ангиоспазма отмечается увеличение среднего времени транзита крови (MTT) (указано стрелкой).

Fig. 3. The usage of CT-perfusion for diagnostics of secondary ischemic damages of brain: A) the colored CBF-perfusion map. The local reduction of cerebral blood flow (CBF) in right temporal and occipital lobes (arrows) is seen; Б) the colored CBV-perfusion map. The 2-times lowering (arrow) of cerebral blood volume (CBV) in right temporal and occipital lobes comparing with contralateral side; В) the colored MTT-perfusion map. The increase of average mean transit time (MTT) in right temporal and occipital lobes (arrow) because of angiospasm is seen

перфузии вокруг очага ушиба свидетельствует об ишемии клеток в этой области и возможной последующей эволюции очага или его геморрагической трансформации. При ДАП наблюдают диффузное снижение показателей CBF и CBV преимущественно в глубинных отделах мозга и перивентрикулярной зоне, характерных для глубокой ишемии и нарушения коллатерального кровотока [3-5, 10, 13, 18] (рис. 3).

Однако следует отметить, что на сегодняшний день спорным вопросом при проведении перфузионной КТ является стандартизация показателей регионального кровотока (CBV и CBF). Эти параметры колеблются в широких пределах у разных исследователей в зависимости от аппаратуры, методов математического анализа, характера заболевания или травмы, индивидуальных особенностей пациента и оператора КТ. При ана-

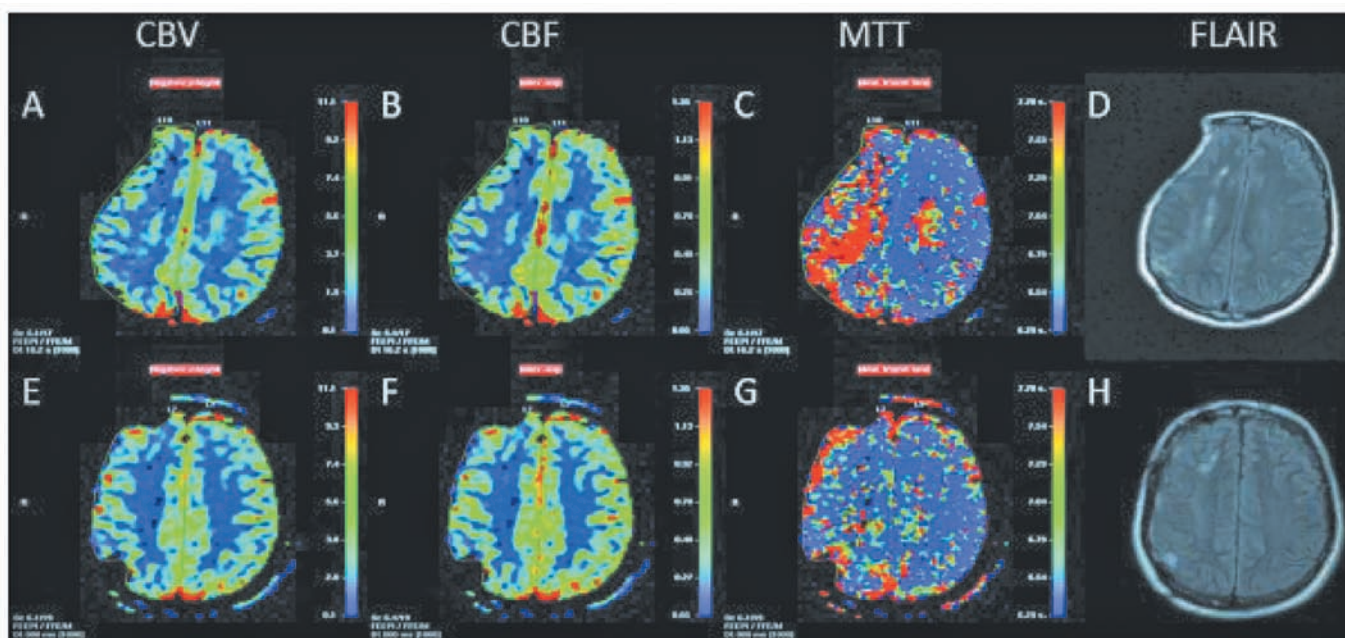


Рис. 4. Перфузионная МРТ у пациента с последствиями перенесенной ЧМТ и обширным дефектом черепа после декомпрессивной трепанации черепа. А-Д — до проведения пластики дефекта черепа. Выраженное снижение объемной скорости мозгового кровотока, церебрального объема крови и увеличение среднего времени транзита крови на стороне декомпрессии. Е-Н — после проведения пластики дефекта черепа. После закрытия дефекта отмечаются нормализация мозгового кровотока и снижение среднего времени транзита крови до нормальных значений на стороне операции.

Fig. 4. The MRI-perfusion at patient with consequences of previous HI and large skull bones defect after decompressive craniotomy. А-Д — before cranioplasty. The severe lowering of cerebral blood flow (CBF), cerebral blood volume (CBV) and increase of average mean transit time (MTT) at the side of decompression. Е-Н — after cranioplasty. The recovery of cerebral flow and lowering of MTT till normal values are seen at the side of operation after plasty of bones defect.

ти гематоэнцефалического барьера и проникновения коллоидных компонентов плазмы крови, электролитов и ионов Na^+ из клетки в межклеточную жидкость. Процессы диффузии молекул воды при этом увеличиваются, что проявляется увеличением ИКД и, соответственно, снижением интенсивности МР-сигнала на диффузионных изображениях [4, 6, 14, 15] (рис. 5).

В процессе диффузии молекулы воды способны двигаться в определенном направлении. Это физическое явление называется анизотропией диффузии. На этом принципе и основана **диффузионно-тензорная МРТ**, которая позволяет визуализировать анизотропию молекул воды в разных участках мозга. В белом веществе мозга молекулы воды могут легко диффундировать вдоль нервных волокон, образующих крупные нервные тракты и проводящие пути мозга, поэтому диффузионно-тензорную МРТ называют еще трактографией — методом визуализации нервных трактов. Метод оценивает степень целостности проводящих путей, различие в миелинизации волокон, их диаметр. Чаще всего определяют ход самых больших комиссуральных и проекционных проводящих путей мозга: мозолистого тела, кортикоспинальных трактов и волокон, проходящих через внутреннюю капсулу [4, 12, 15].

Диффузионно-тензорную МРТ у пациентов с ЧМТ применяют для оценки динамики течения ДАП и в диагностике постдислокационных изменений. При ДАП в связи с дегенерацией комиссуральных и восходящих нервных волокон, через 3–4 мес после травмы наблюдают феномен «облысения» мозолистого тела, что является неблагоприятным прогностическим признаком восстановления сознания и психической деятельности [1, 2, 4, 15, 17] (рис. 6).

У пациентов с ЧМТ, перенесших острый дислокационный синдром с компрессией ножки мозга, в дальнейшем развивается дегенерация волокон одного из кортикоспинальных трактов, что сопровождается необратимым неврологическим дефицитом в виде гемипареза на контралатеральной пораженной ножке мозга стороне [15, 17].

Протонная МР-спектроскопия — метод получения информации о метаболизме отдельных участков мозга (вокселей). Выделяют одновоксельную МР-спектроскопию, при которой анализируют метаболизм одного участка мозга, и мультивоксельную, которая позволяет получить

МР-спектры для нескольких выбранных участков. При мультивоксельной МР-спектроскопии строятся специальные карты метаболизма мозга на разных срезах, а затем сравнивается распределение метаболитов в разных вокселях между собой. Единицей измерения содержания метаболитов является миллионная доля (ppm). В каждом вокселе оценивают содержание 7 основных метаболитов головного мозга: N-ацетиласпартат (NAA) — 2 ppm, креатин (Cr) — 3,03 ppm, холин (Cho) — 3,22 ppm, миоинозитол (mI) — 3,56 ppm, глутамат и глутамин (Glx) — 2,05–2,5 ppm, лактат (Lac) — 1,33 ppm и липидный комплекс (Lip) — 0,9–1,2 ppm.

В норме самый большой пик представлен NAA, который входит в состав разных макромолекул с N-ацетиловой группой. Самая большая концентрация NAA содержится в нейронах и аксонах. Снижение пика NAA при МР-спектроскопии свидетельствует о дегенерации клеток и их некрозе. Пик креатина (Cr) отражает состояние энергозависимых систем мозга, он обычно является стабильным, и его используют в качестве референсного при сравнении пиков других метаболитов. Холин (Cho) входит в состав липидов мембран клеток и их миелиновых оболочек, поэтому при повреждении мембран клеток пик холина возрастает. Миоинозитол (mI) является предшественником фосфотидилинозитола, входящего в состав клеточных мембран, а также содержится в глиальных клетках, поэтому может быть маркером их повреждения. Глутамат (Glx) является маркером эксайтотоксичности, увеличение его пика свидетельствует о повреждении клеточной стенки. Лактат (Lac) является маркером энергетического обмена в клетках, увеличение пика лактата свидетельствует о преобладании процессов анаэробного гликолиза над аэробными и отражает степень ишемического повреждения тканей [4, 15].

У пациентов с ЧМТ МР-спектроскопию используют при оценке степени тяжести вторичных повреждений мозга, а также в диагностике ДАП (рис. 7).

Принцип **функциональной МРТ** основан на усилении локального кровотока в зонах нейрональной активности коры головного мозга в ответ на действие сенсорного или моторного раздражителя. Метод позволяет выявить зоны гипо- и гиперактивации коры в ответ на стиму-

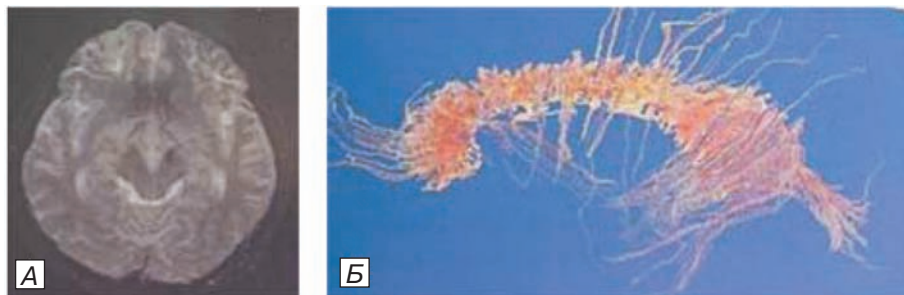


Рис. 6. Пример применения диффузионно-тензорной МРТ для оценки динамики течения ДАП. А) МРТ головного мозга пациента с ДАП, 4 мес после травмы. Т2-ВИ. Аксиальная проекция. Умеренные атрофические изменения коры головного мозга; Б) диффузионно-тензорная МРТ. Феномен «облысения» мозолистого тела (по А. Okumura и соавт., 2005) [17].

Fig. 6. The usage of diffusion-tensor MRI for dynamic estimation of diffuse axonal injury (DAI). A) Brain MRI at patient

with DAI, 4 months after trauma. Axial view. The moderate atrophic changes of cerebral cortex; B) Diffusion-tensor MRI. The phenomena of «bald» corpus callosum (by A. Okumura et al, 2005) [17].

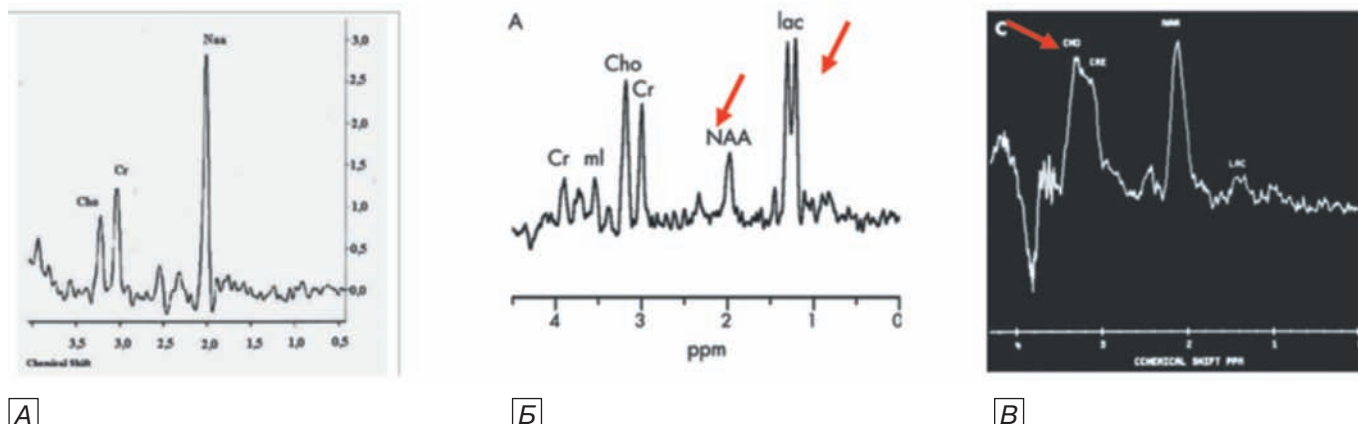


Рис. 7. Примеры протонных МР-спектров. А) Нормальный участок мозга. Визуализируются три основных пика метаболитов: NAA, креатина и холина. Преобладание пика NAA над остальными; Б) зона пенумбры вокруг очага ушиба мозга. Отмечается снижение пика NAA, отражающее некроз клеток в этой области, увеличение пика лактата, свидетельствующее об ишемическом повреждении клеток (указаны стрелками); В) участок мозолистого тела у пациента с ДАП. Отмечается увеличение пика холина, свидетельствующее о повреждении миелиновых оболочек в этой области.

Fig. 7. The examples of proton MRI-spectra. A) The part of normal brain tissue. The three main peaks of metabolites are seen: NAA, creatine and choline with predominance of NAA peak over others; Б) the penumbra zone around contusion focus. The decrease of NAA peak, reflecting the cells necrosis in this area as well as increase of lactate peak, confirming the ischemic damage of cells (arrows) are revealed; В) the part of corpus callosum at patient suffered from DAI. There is the increase of choline peak, indicating the damage of myelin sheaths in this area.

ляцию. При последующей обработке на рабочей станции эти зоны выделяют цветом и строят карты нейрональной активности, которые потом накладывают на T1-ВИ и 3D-модели мозга. В клинической практике у пострадавших с ЧМТ функциональную МРТ применяют при планировании нейрохирургического подхода к очагам повреждения мозга в функционально значимой области, а также в резидуальном периоде ЧМТ для выявления посттравматических очагов эпилепсии. Функциональная МРТ является методом выбора при оценке когнитивного дефицита у пострадавших с ЧМТ легкой степени, а также может использоваться в оценке прогноза восстановления уровня бодрствования и нейропсихологических функций у пострадавших с ЧМТ, длительно пребывающих в вегетативном состоянии [4, 15, 16].

ОФЭКТ и ПЭТ представляют собой комбинированные методы радионуклидной диагностики и томографии. Исследования проводят с внутривенным введением радиоизотопных препаратов, которые, распадаясь в тканях организма, излучают элементарные частицы, регистрируемые специальными детекторами. Изотопы для проведения ОФЭКТ, распадаясь, выделяют фотон. При ПЭТ применяют изотопы, испускающие позитрон, который при аннигиляции производит два гамма-кванта, распространяющиеся в противоположных направлениях. Используют радиоактивные изотопы кислорода, глюкозы, фтора и углерода. У пациентов с ЧМТ методы ОФЭКТ и ПЭТ применяют, главным образом, для раннего выявления вторичных ишемических повреждений мозга, в качестве способов неинвазивной оценки церебральной оксигенации и метаболизма и для определения функциональной активности мозга (рис. 8). Именно перфузионные методики,

прежде всего ОФЭКТ и КТ-перфузия, с первых суток ЧМТ способны помочь максимально достоверно оценить распространенность, степень выраженности и обратимость дефицита перфузии и, таким образом, развития последующих ишемических изменений головного мозга. Для проведения ОФЭКТ необходимо наличие близко расположенной лаборатории для производства радиоактивных изотопов, а для ПЭТ, кроме лаборатории, еще и ускоритель элементарных частиц (циклотрон). Большая стоимость исследования и сложность оснащения для проведения радионуклидных способов диагностики ограничивает их рутинное использование у пострадавших с ЧМТ. В современной практике ОФЭКТ и ПЭТ для выявления ранних вторичных ишемических изменений могут быть успешно заменены КТ- либо МР-перфузией [4, 17].

В связи с внедрением в рутинную практику методов КТ и МРТ метод **церебральной ангиографии (ЦАГ)** в диагностике острых внутричерепных гематом утратил свое значение. Однако в случае отсутствия в стационаре томографа проведение ЦАГ пострадавшим с тяжелой ЧМТ является обоснованным. Патогномичными симптомами внутричерепной оболочечной гематомы являются: наличие бессосудистой зоны между конечными ветвями средней мозговой артерии (СМА) и внутренней пластинкой височной и теменной костей, смещение ангиографической силвиевой точки к средней линии, смещение ветвей передней мозговой артерии (ПМА) за срединную линию, штыкообразная деформация ПМА при вклинении поясной извилины под серп большого мозга. Признаком внутримозговой гематомы лобной доли является «симптом бокала» — напряжение и дугообразное смещение ПМА за среднюю линию с одновременным провисанием СМА,

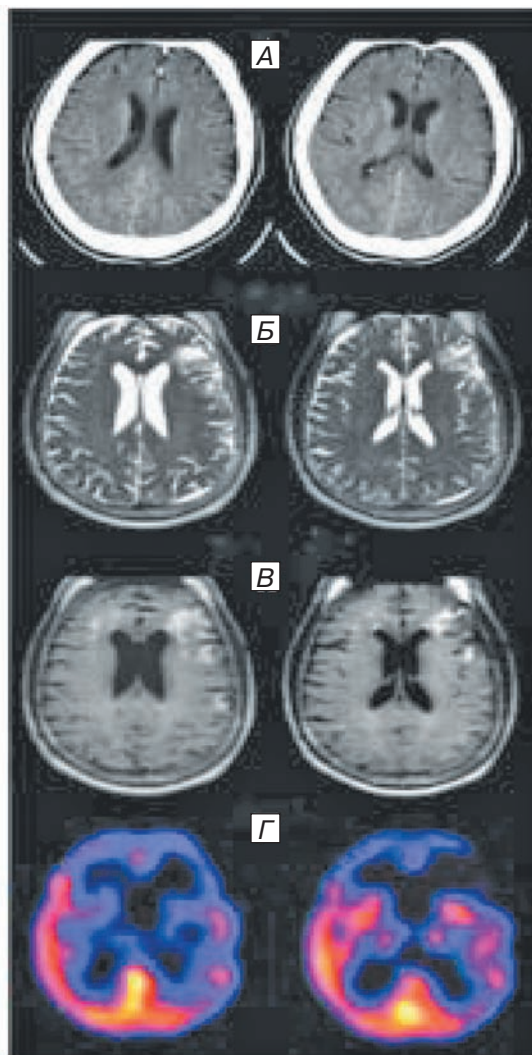


Рис. 8. Пример диагностики вторичной ишемии мозга с помощью разных методов нейровизуализации. А) КТ головного мозга. Аксиальные срезы. Патологии не выявлено; Б) МРТ. T2-ВИ. Аксиальная проекция. Гиперинтенсивная зона в левой лобной доле соответствует цитотоксическому отеку; В) МРТ. FLAIR. Аксиальная проекция. Гиперинтенсивная зона в левой лобной доле соответствует цитотоксическому отеку; Г) ОФЭКТ. Выраженный дефицит перфузии в обеих лобных долях и левой височной доле.

Fig. 8. The diagnostics of secondary brain ischemia using various methods of neurovisualization. A) Brain CT (axial view) revealed no pathological changes; Б) MRI (T2, axial view) shows the hyperdense zone in left frontal lobe corresponding to cytotoxic edema; В) MRI (FLAIR, axial view) reveals hyperdense zone in left frontal lobe corresponding to cytotoxic edema; Г) SPECT. There is the severe deficit of perfusion in both frontal lobes and in left temporal lobe.

смещение ангиографической сильвиевой точки к периферии. ЦАГ малоэффективна в диагностике гематом, расположенных в ЗЧЯ, в височных, теменных и затылочных долях. В настоящее время показаниями к ЦАГ у пациентов с ЧМТ являются клинические признаки травмы вне- и внутричерепных артерий, синусов, наличие инородного тела в полости черепа, находящегося в непосредственной близости от крупных сосудов или синусов (костных отломков, пуль, осколков и др.), а также подозрение на развитие посттрав-

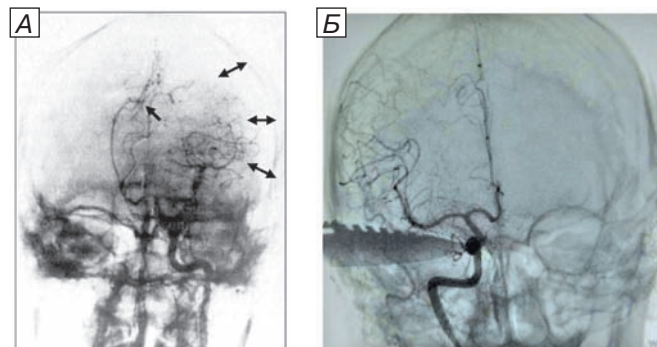


Рис. 9. Церебральные ангиограммы при ЧМТ. Прямая проекция: А) бессосудистая зона в левой лобно-височно-теменной области (оболочечная гематома), смещение за среднюю линию и штыкообразная деформация ПМА (указано стрелками); Б) проникающее ранение черепа и головного мозга ножом. Правая внутренняя сонная артерия (ВСА) не повреждена.

Fig. 9. Cerebral angiograms at patients with HI, frontal projections: A) avascular zone in left fronto-temporo-parietal region (meningeal hematoma), dislocation over midline and bayonet deformation of ACA (arrows); Б) the penetrating skull and brain wound by knife. The right internal carotid artery (ICA) is intact.

матического каротидно-кавернозного соустья [4, 7, 9] (рис. 9).

Таким образом, несмотря на большое количество разных методов нейровизуализации, существующих в настоящее время, «золотым стандартом» обследования пострадавших с острой ЧМТ является нативная КТ головного мозга, которую применяют в качестве скринингового метода диагностики при любых клинических признаках ЧМТ. При подозрении на перелом лицевого скелета КТ-исследование необходимо дополнять сканированием ниже орбитомеатальной линии с шагом томографа 1-3 мм, а затем построением 3D-модели костей черепа и лицевого скелета. Описание КТ-снимков следует проводить строго по единому установленному протоколу. При подозрении на травму ЗЧЯ или ДАП в экстренном порядке показана МРТ головного мозга. Окончательный диагноз у пострадавших с ЧМТ необходимо устанавливать, руководствуясь современными классификациями, учитывающими данные КТ и МРТ головного мозга. При подозрении на травму внутричерепных сосудов или синусов твердой мозговой оболочки или при обнаружении по данным КТ инородного тела, в непосредственной близости прилежащего к крупным внутричерепным сосудам, исследование дополняют КТ-ангиографией, а при невозможности ее выполнения — ЦАГ.

Начиная со вторых суток с момента травмы, а также в послеоперационном периоде при проведении интенсивной терапии пострадавшим с ЧМТ для оценки динамики развития отека мозга, вторичных ишемических повреждений и исключения прогрессирования очагов ушиба, помимо нативной КТ целесообразно использовать КТ-перфузию либо МРТ в сочетании с МР-диффузией, а при отсутствии этих методик — радионуклидные методы исследования.

При наличии клинической картины подострой или хронической гематомы для точного определения показаний к хирургическому или консервативному лечению необходимо проведение одновременно КТ и МРТ головного мозга, а при отсутствии в стационаре магнитно-резонансного томографа — нативной КТ и КТ с контрастным усилением для визуализации капсулы гематомы и подсчета ее объема.

В отдаленном периоде ЧМТ с целью оценки прогноза восстановления уровня бодрствования, моторных и нейропсихических функций показана диффузионно-тензорная и функциональная МРТ.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского.
Адрес: 129010 г. Москва, Б. Сухаревская пл., д.3.
НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского

Пурас Юлия Владимировна — к.м.н., научный сотрудник клиники неотложной нейрохирургии
НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского

Григорьева Елена Владимировна — к.м.н., врач-рентгенолог НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, e-mail: iara333@yahoo.com

ЛИТЕРАТУРА

1. *Арефьева Е.Г., Гатин Д.В., Мошгенуц С.В.* и др. Диффузное аксональное повреждение: КТ-картина и клинические наблюдения // Мед. визуализация. — 2012. — № 1. — С. 45-50.
2. *Захарова Н.Е., Потапов А.А., Корниенко В.Н.* и др. Динамическое исследование структуры мозолистого тела и кортикоспинальных трактов с помощью диффузионно-тензорной магнитно-резонансной томографии при диффузном аксональном повреждении // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. — 2010. — № 3. — С. 3-10.
3. *Корниенко В.Н., Потапов А.А., Пронин И.Н., Захарова Н.Е.* Диагностические возможности компьютерной и магнитно-резонансной томографии при черепно-мозговой травме // В кн.: «Доказательная нейротравматология» / Под ред. А.А. Потапова — М.: ПБОЮЛ Андреева Т.М., 2003. — С. 408-463.
4. *Корниенко В.Н., Пронин И.Н.* Диагностическая радиология. — Издательство ИП «Андреева Т.М.», 2006. — 1327 с.
5. *Корниенко В.Н., Пронин И.Н., Пьяных О.С., Фадеева Л.М.* Исследование тканевой перфузии головного мозга методом компьютерной томографии // Мед. визуализация. — 2007. — № 2. — С. 70-75.
6. *Крылов В.В., Григорьева Е.В.* Компьютерная томография и магнитно-резонансная томография в диагностике аневризм головного мозга // Нейрохирургия. — 2012. — № 3. — С. 9-17.
7. *Лебедев В.В., Крылов В.В.* Неотложная нейрохирургия: Руководство для врачей. — М.: Медицина, 2000. — 568 с.
8. *Лебедев В.В., Крылов В.В., Тиссен Т.П., Халчевский В.М.* Компьютерная томография в неотложной нейрохирургии: Учебное пособие. — М.: ОАО «Издательство «Медицина», 2005. — 360 с.
9. Лекции по черепно-мозговой травме: Учебное пособие / Под ред. В.В. Крылова. — М.: ОАО «Издательство «Медицина», 2010. — 320 с.
10. *Назинкина Ю.В., Скоромец Т.А., Нарышкин А.Г., Гаврилов С.С.* Возможности компьютерной томографии в диагностике вторичных нарушений церебральной гемодинамики в остром периоде тяжелой черепно-мозговой травмы // Мед. визуализация. — 2001. — № 4. — С. 30-36.
11. *Петрова М.Ю.* Магнитно-резонансная томография в интенсивной диагностике черепно-мозговой травмы и ее последствий / Дисс. канд. мед. наук. — М., 2004. — 130 с.
12. *Пронин И.Н., Фадеева Л.М., Захарова Н.Е.* и др. Диффузионная тензорная магнитно-резонансная томография и трактография // Анналы клинической и экспериментальной неврологии. — 2008. — Т.2. — № 1. — С. 32-40.
13. *Пронин И.Н., Фадеева Л.М., Захарова Н.Е.* и др. Перфузионная КТ: исследование мозговой гемодинамики в норме // Мед. визуализация. — 2007. — № 3. — С. 8-14.
14. *Туркин А.М., Долгушин М.Б., Подопригора А.Е.* и др. Отек головного мозга — возможности магнитно-резонансной томографии // Вестник рентгенологии и радиологии. — 2009. — № 4-6. — С. 4-11.
15. *Hershey B.L., Faro S.H., Shan P.N., O'Connor E.* Introduction to brain injury imaging // In the book: «Neurotrauma and critical care of the brain» / Edited by Jallo J., Loftus C.M. — New York-Stuttgart: Thieme, 2009. — С. 97 — 141.
16. *Moritz C.H., Rowley H.A., Haughton V.M.* et al. Functional MR imaging assessment of a non-responsive brain injured patient // Magn Reson Imaging. — 2001. — Vol. 19. — P. 1129-1132.
17. *Okumura A., Yasokawa Y., Nakayama N.* et al. The clinical utility of MR diffusion tensor imaging and spatially normalized PET to evaluate traumatic brain injury patients with memory and cognitive impairments // No To Shinkei. — 2005. — Vol. 57. — P. 115-122.
18. *Wintermark M., Chiolerio R., Van Melle G.* et al. Cerebral vascular autoregulation assessed by perfusion CT in severe head trauma patients // J Neuroradiol. — 2006. — Vol. 33. — P. 27-37.