

Оценка церебральной гемодинамики методом компьютерно-томографической перфузии у пациентов с повреждением головного мозга с исходом в низкий уровень сознания

А.М.Филимонова^{1,2}, Ш.Х.Саидов²,
М.В.Петрова^{2,4}, А.М.Бессонов²,
А.К.Кондаков^{1,2}, Д.Ю.Мосин^{1,2}, А.Л.Кулагин³,
А.В.Гречко², А.Э.Никитин¹, И.А.Знаменский^{1,2}

¹Центральная клиническая больница РАН,
Москва

²Федеральный научно-клинический центр
реаниматологии и реабилитологии, Москва

³РНМУ им. Н.И.Пирогова, Москва

⁴РУДН, Москва

Черепно-мозговую травму получает преимущественно наиболее активный и важный в социальном и трудовом отношении контингент населения – лица молодого и среднего возраста. Своевременная диагностика объема поражения головного мозга влияет на правильный подбор лечебных и реабилитационных мероприятий. Представлен клинический случай повреждения головного мозга с исходом в низкий уровень сознания. Изменения перфузии головного мозга определялись при помощи рентгеновской компьютерной томографии. Описана методика проведения КТ-перфузии головного мозга с построением карт и оценкой основных параметров церебральной перфузии: церебральный объем крови, церебральный кровоток, среднее время прохождения. Перфузионная КТ информативна для оценки жизнеспособности тканей мозга, эффективности проводимых лечебных мероприятий и прогнозирования исхода заболевания у пациентов с черепно-мозговой травмой.

Ключевые слова: компьютерная томография, перфузия головного мозга, нарушение уровня сознания, неврология, интенсивная терапия.

Evaluation of the Cerebral Hemodynamics by Computed Tomography Perfusion in Patients with Brain Damage and Low Level of Consciousness

A.M.Filimonova^{1,2}, SH.Kh.Saidov²,
M.V.Petrova^{2,4}, A.M.Bessonov², A.K.Kondakov^{1,2},
D.Yu.Mosin^{1,2}, A.L.Kulagin³, A.V.Grechko²,
A.E.Nikitin¹, I.A.Znamenskiy^{1,2}

¹Central Clinical Hospital of the Russian

²Federal Research and Clinical Center
for Intensive Care Medicine
and Rehabilitology, Moscow

³Pirogov Russian National Research Medical
University, Moscow

⁴RUDN University, Moscow

Cranio-cerebral trauma is mainly received by the most active and important social and labor-related population – young and middle-aged people. Timely diagnosis of the volume of brain damage affects the correct selection of therapeutic and rehabilitation measures. The article presents a clinical case of a patient with brain damage with the outcome of a low level of consciousness by determining changes in brain perfusion by the means of CT scanning. The technique of CT brain perfusion with mapping and evaluation of the main parameters of cerebral perfusion – cerebral blood volume (CBV), cerebral blood flow (CBF), mean transit time (MTT) – is described. CT perfusion is informative diagnostic method for assessing the viability of brain tissues, the effectiveness of treatment measures, and predicting the outcome of the disease in patients with traumatic brain injury.

Keywords: computed tomography, cerebral perfusion, impaired level of consciousness, neurology, intensive care.

Черепно-мозговая травма (ЧМТ) относится к наиболее распространенным видам повреждений и составляет до 50% всех видов травм. Частота черепно-мозговой травмы и тяжесть ее последствий придают проблеме большое социальное значение. Черепно-мозговую травму преимущественно получает наиболее активный и важный в социальном и трудовом отношении контингент населения – лица до 50 лет. Это определяет также большие экономические потери вследствие высокой смертности, инвалидизации пострадавших, а также временной утраты трудоспособности.

Определение тактики лечебных мероприятий и прогноза течения заболевания у пациентов с черепно-мозговой травмой с исходом в низкий уровень сознания во многом опирается на результаты методов лучевой диагностики.

Черепно-мозговая травма сопряжена с развитием прогрессирующего неврологического и когнитивного дефицита. Таким образом, необходима оценка не только характера повреждения вещества головного мозга, получаемая при нативном компьютерно-томографическом (КТ) исследовании, но и степени нарушения микроциркуляторного русла тканей головного мозга. Снижение церебральной перфузии после ЧМТ приводит к структурным и функциональным изменениям головного мозга, количественная оценка мозгового кровотока возможна при проведении перфузионной КТ.

Таким образом, комплексное КТ-обследование пациентов с низким уровнем сознания после ЧМТ включает в себя нативное КТ-исследование головного мозга, ангиографию брахиоцефальных и интракраниальных артерий, перфузионную компьютерную томографию головного мозга [1, 6].

Области исследования	CBF, мл/100 г × мин	CBV, мл/100 г	МТТ, с
Лобные доли, кора	47,2± 4,8	4,4± 0,4	4,9± 0,5*
Лобные доли, белое вещество	31,2± 2,9	1,8± 0,3*	7,8± 0,7*
Островок	59,4± 5,5	3,9± 0,4	5,2± 0,5*
Базальные ядра, таламус	69,8± 7,1*	4,5± 0,5	3,2± 0,3
Височные доли, кора	65,5± 6,3	4,6± 0,4	5,1± 0,5
Височные доли, белое вещество	22,4± 2,3*	2,9± 0,3	7,1± 0,6*
Затылочные доли, кора	51,5± 4,9	4,8± 0,4	5,8± 0,6*
Затылочные доли, белое вещество	16,4± 1,3*	2,3± 0,3	8,3± 0,8*

Примечание. * $p < 0,05$ по сравнению с референтными значениями.

Перфузионная КТ (ПКТ) базируется на динамическом рентгеновском сканировании головного мозга в условиях внутривенного введения контрастного препарата с прохождением его по микроциркуляторному церебральному руслу, что делает ее информативной для оценки жизнеспособности тканей мозга. В связи с этим изучение восстановления сознания пациентов после ЧМТ с использованием ПКТ в качестве метода диагностики и мониторинга эффективности проводимых лечебных мероприятий представляется актуальной исследовательской задачей.

Все методы исследования мозгового кровотока предоставляют информацию при помощи совокупности одних и тех же параметров [2, 4]:

- Церебральный объем крови (cerebralbloodvolume, CBV) – общий объем крови в выбранном участке мозговой ткани. Это понятие включает кровь как в капиллярах, так и в более крупных сосудах – артериях, артериолах, венах и венах. Данный показатель измеряется в мл крови на 100 г мозгового вещества (мл/100 г).
- Церебральный кровоток (cerebralbloodflow, CBF) – скорость прохождения определенного объема крови через заданный объем ткани мозга за единицу времени. CBF измеряется в мл крови на 100 г мозгового вещества в минуту (мл/100 г × мин).
- Среднее время прохождения (meantransittime, МТТ) – среднее время, за которое кровь проходит по сосудистому руслу выбранного участка мозговой ткани, измеряется в секундах (с).

Согласно принципу центрального объема, который является общим для всех методов оценки тканевой перфузии, эти параметры связаны соотношением: $CBV = CBF \times MTT$. В норме значения CBF находятся в пределах 50–80 мл/100 г × мин. Области мозга с большой энергетической потребностью (кора и подкорковые ганглии) имеют значения CBF в 2–3 раза большие, чем белое вещество [3, 5].

Цель исследования – оценка степени нарушений микроциркуляции в тканях головного мозга методом перфузионной компьютерной томографии у пациентов с черепно-мозговой травмой в анамнезе с исходом в низкий уровень сознания.

Материал и методы

КТ была проводилась на МСКТ Somatom Perspective (Siemens), в режиме спирального сканирования, с использованием технологии снижения дозы облучения CareDose 4D, с коллимацией срезов по 2 мм, с последующей реконструкцией по 0,6 мм.

Зона сканирования при проведении КТ-ангиографии включала в себя уровень от дуги аорты до дистальных ветвей мозговых артерий, в каудо-краниальном направлении.

Компьютерно-томографическую перфузию проводили толщиной среза 40 мм на уровне глубинных структур мозга и базальных ганглиев с захватом су-

пратенториальных участков, кровоснабжаемых передней, средней и задней мозговыми артериями.

При нативной КТ головного мозга выявляли постконтрастные кистозно-глиозные изменения. Особую зону интереса в отношении нарушения перфузии представляли базальные ганглии.

В условиях болюсного контрастного усиления пациентам вводили йодсодержащее контрастное вещество при КТ-ангиографии в среднем количестве 40 мл со скоростью 5 мл/с, при КТ-перфузии – порядка 40 мл/6 мл/с. В дальнейшем полученные изображения обрабатывали на рабочей станции Singovia с использованием ангио- и нейроперфузионной программ постобработки.

Церебральная перфузия оценивалась по картам с количественными величинами регионарного мозгового кровотока, построенным для каждого из параметров, а также по их абсолютным и относительным значениям в соответствующих областях головного мозга. В результате вычислялись следующие параметры: объемная скорость кровотока – CBF (cerebralbloodflow – мл/100 г/мин), объем кровотока – CBV (cerebralbloodvolume – мл/100 г), среднее время транзита контрастированной крови – МТТ (meantransittime – с), время дренирования – ТТД (с) время до достижения максимальной (пиковой) концентрации контрастного вещества (timetoppeak, ТТР) [2, 8]. На срезах выделялись области интереса (ROI, regionofinterest) небольшого размера, средней площадью 45,6±3,8 мм² без включения в них крупных сосудов, для которых рассчитывались средние значения показателей церебральной перфузии и строился график «время–плотность» [7].

Средними значениями для серого вещества головного мозга в норме считали: CBF 39–55 мл/100 г/мин (в интенсивно кровоснабжаемых зонах, в том числе в базальных ядрах и в области островка – 70–100 мл/100 г/мин), CBV 3–4 мл/100 г, МТТ 2–4 с (не более 6 с) [6, 9]. Средними значениями для белого вещества головного мозга в норме считали: CBF 30–35 мл/100 г/мин, CBV 2,2–2,8 мл/100 г, МТТ 4–4,2 с [6, 9]. Степень цереброваскулярной недостаточности оценивалась по выраженности межполушарной асимметрии параметров перфузии. Величины МТТ, CBV и CBF существенно варьировали в пределах различных областей полушария.

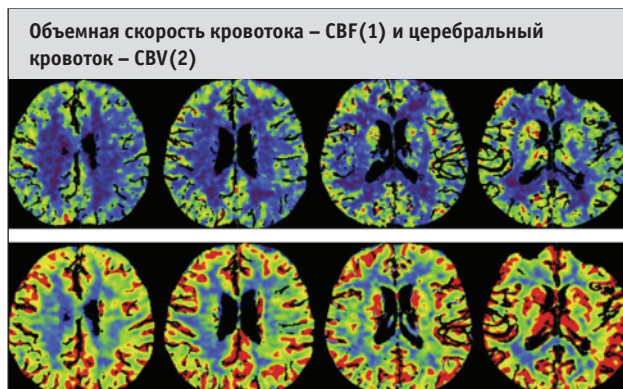
Для оценки функционирования всем пациентам проводилось детальное неврологическое, нейрофизиологическое и нейропсихологическое исследование. Для описания ограничения жизнедеятельности использовались шкала Рэнкина и индекс мобильности Ривермид. Реабилитационный потенциал считали положительным при сохранении уровня церебрального объема крови в исследуемых областях.

Результаты

В период с 01.01.2018 г. по 30.08.2018 г. на базе ФНКЦ РР проведено комплексное КТ исследование

Таблица 2. Параметры церебральной перфузии (МТТ, СВВ и СВФ) пациента А.

Области исследования	СВФ, мл/100 г × мин		СВВ, мл/100 г		МТТ, с	
	D	S	D	S	D	S
Лобные доли, кора	72,27	56,65	5,49	3,9	4,99	4,47
Лобные доли, белое вещество	15,6	21,01	1,78	2,09	8,22	7,06
Островок	51,94	46,9	4,07	3,77	5,39	4,99
Базальные ядра, таламус	91,75	74,77	5,78	4,59	3,96	3,75
Височные доли, кора	51,57	65,58	4,42	4,68	5,37	4,6
Височные доли белое вещество	20,11	28,96	2,22	3,1	7,16	6,90
Затылочные доли, кора	61,5	35,1	4,99	4,04	5,19	7,33
Затылочные доли, белое вещество	15,1	16,73	1,82	2,29	8,14	8,93



21 пациента, включающее в себя проведение нативного КТ-исследования головного мозга, КТ-ангиографию и КТ-перфузию после ЧМТ с низким уровнем сознания. Возраст пациентов варьировал от 18 до 67 лет (табл. 1).

Средние значения СВФ близки к норме, кроме выраженного увеличения показателя в базальных ядрах и умеренного снижения в височных долях белого вещества. Статистически достоверное снижение средних значений СВВ по сравнению с референтными отмечено в лобных долях белого вещества, хотя и в других областях имеется стойкая тенденция к снижению показателя в ткани белого вещества головного мозга. МТТ статистически достоверно повышен практически во всех исследуемых областях, кроме базальных ядер и коркового вещества височной доли. Данные статистической обработки подтверждают эффективность метода для определения изменений мозгового кровотока у пациентов с повреждением головного мозга с исходом в низкий уровень сознания. Окончательные результаты предлагается представить после повторных исследований по окончании проведения лечебных мероприятий и последующего отстроченного наблюдения за состоянием пациентов.

В настоящее время продолжают совместные исследования ученых ЦКБ РАН и ФКНЦ реаниматологии и реабилитологии по сопоставлению данных перфузии головного мозга методом компьютерной томографии и с использованием радионуклидного метода с радиоактивным изотопом ^{99m}Tc.

Клиническое наблюдение. В клинику на 8-й день после черепно-мозговой травмы поступил пациент А., 80 лет. На 8-й день заболевания уровень сознания пациента составлял 11 баллов по шкале FOUR (E4M2B4R1) – глубокое оглушение. По шкале Рэнкина – 5 баллов, индекс мобильности Ривермид – 0.

Оценить неврологический статус в полном объеме не представлялось возможным с учетом угнетения уровня сознания. Однако четко определялась правосторонняя гемиплегия с низким мышечным тонусом и угнетением глубоких рефлексов. С учетом слабой ре-

акции на болевой раздражитель в правых конечностях складывалось впечатление о наличии правосторонней гемипарестезии. Менингеальные знаки не определялись.

Пациенту проведено комплексное КТ исследование головного мозга, включающее в себя проведение нативной КТ, КТ-ангиографии сосудов головного мозга и КТ-перфузии в условиях болюсного контрастного усиления. При нативном исследовании головного мозга выявляли кистозно-глиозные изменения в левой височно-теменно-затылочной области. При КТ-ангиографии оценивали интра- и экстракраниальные артерии. Выявлялась асимметрия позвоночных артерий – D>S и задняя трифуркация левой внутренней сонной артерии. КТ-перфузию проводили с уровня базальных ганглиев до семиовальных центров (рисунок, табл. 2).

Отмечается снижение скорости церебрального кровотока в затылочной и лобной областях слева. Объем церебрального кровотока сохранен, примерно одинаковый в обеих лобных и затылочных долях. Среднее время прохождения контраста умеренно повышено в затылочной доле слева.

Таким образом, в данном клиническом примере у пациента, по данным ПКТ, отмечаются признаки умеренного снижения скорости мозгового кровотока в бассейне левой СМА (левой лобной и затылочной долей) с сохранным уровнем церебрального объема крови. Принимая во внимание собственные исследования авторов, можно сделать заключение о положительном реабилитационном потенциале у данного пациента.

Выводы

1. При исследовании пациентов с повреждением головного мозга с исходом в низкий уровень сознания КТ-перфузия является эффективным методом для определения изменений мозгового кровотока, определения прогноза течения заболевания и контроля качества лечения.

2. Использование КТ-перфузии может быть рекомендовано для включения в стандарт обследования пациентов с ЧМТ для своевременного определения размеров области гипоперфузии, что может влиять на выбор метода лечения и реабилитации пациента, оценку динамики состояния и прогноз восстановления сознания пациента.

Литература

1. Григорьева Е.В., Лукьянчиков В.А., Токарев А.С., Крылов В.В. КТ-перфузия у пациентов после наложения экстраинтракраниального микрохирургического анастомоза в отдаленном послеоперационном периоде. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С.Корсакова. – 2014. – № 9. – С. 38–42. / Grigor'eva E.V., Luk'yanchikov V.A., Tokarev A.S., Krylov V.V. КТ-perfuziya u patsientov posle nalozheniya ekstraintrakranial'nogo mikrohirurgicheskogo anastomoz v otдаленном послеоперационном периоде.

- Zhurnal neurologii i psikiatrii im. S.S.Korsakova. 2014; 9: 38–42. [in Russian]
2. Григорьева Е.В., Крылов В.В. Оценка церебральной гемодинамики методом компьютерно-томографической перфузии у пациентов с интракраниальными аневризмами. Вестник рентгенологии и радиологии. – 2015. – № 2. – С. 5–14. / Grigor'eva E.V., Krylov V.V. Otsenka tserebral'noy gemodinamiki metodom komp'yuterno-tomograficheskoy perfuzii u patsientov s intrakranial'nymi anevrizmami. Vestnik rentgenologii i radiologii. 2015; 2: 5–14. [in Russian]
 3. Лукшин В.А., Усачев Д.Ю., Пронин И.Н., Шмигельский А.В., Ахмедов А.Д., Шевченко Е.В. Критерии эффективности хирургической ревазуляризации головного мозга у больных с хронической церебральной ишемией. Вопросы нейрохирургии. – 2016. – Т. 80. – № 2. – С. 53–62. / Lukshin V.A., Usachev D.YU., Pronin I.N., Shmigel'skii A.V., Akhmedov A.D., Shevchenko E.V. Kriterii effektivnosti khirurgicheskoy revaskulyarizatsii golovnogo mozga u bol'nykh s khronicheskoy tserebral'noy ishemiey. Voprosy neyrokhirurgii. 2016; 80: 2: 53–62. [in Russian]
 4. Baron J.C., Yamauchi H., Fujioka M., Endres M. Selective neuronal loss in ischemic stroke and cerebrovascular disease. J Cereb Blood Flow Metab. 2014; 34: 1: 2–18.
 5. Dani K.A., Thomas R.G., Chappell F.M., Shuler K., MacLeod M.J., Muir K.W., Wardlaw J.M. Translational Medicine Research Collaboration Multicentre Acute Stroke Imaging S. Computed tomography and magnetic resonance perfusion imaging in ischemic stroke: definitions and thresholds. Ann Neurol. 2011;70:3:384-401.
 6. Huang C.C., Chen Y.H., Lin M.S., Lin C.H., Li H.Y., Chiu M.J., Chao C.C., Wu Y.W., Chen Y.F., Lee J.K., Wang M.J., Chen M.F., Kao H.L. Association of the recovery of objective abnormal cerebral perfusion with neurocognitive improvement after carotid revascularization. J Am Coll Cardiol. 2013; 61: 25: 2503–2509.
 7. Kuroda S., Kawabori M., Hirata K., Shiga T., Kashiwazaki D., Houkin K., Tamaki N. Clinical significance of STA-MCA double anastomosis for hemodynamic compromise in post-JET/COSS era. Acta Neurochir (Wien). 2014; 156: 1: 77–83.
 8. Mills J.N., Mehta V., Russin J., Amar A.P., Rajamohan A., Mack W.J. Advanced imaging modalities in the detection of cerebral vasospasm. Neurol. Research Intern. 2013; 2013: 415960: 1–15.
 9. Yamauchi H., Nishii R., Higashi T., Kagawa S., Fukuyama H. Silent cortical neuronal damage in atherosclerotic disease of the major cerebral arteries. J Cereb Blood Flow Metab. 2011; 31: 3: 953–961.

Сведения об авторах:

Филимонова Анастасия Михайловна – к.м.н., врач-рентгенолог, зав. рентгенодиагностическим отделением клинко-диагностического центра Центральной клинической больницы Российской академии наук, Москва

Петрова Марина Владимировна – д.м.н., зам. директора Федерального научно-клинического центра реаниматологии и реабилитологии МЗ РФ, зав. кафедрой анестезиологии и реаниматологии с курсом восстановительной медицины РУДН, Москва

Гречко Андрей Вячеславович – д.м.н., профессор, Директор Федерального научно-клинического центра реаниматологии и реабилитологии МЗ РФ, Москва

Никитин Алексей Эдуардович – д.м.н., профессор, Главный врач Центральной клинической больницы Российской академии наук, Москва