

Кульчиков А.Е.², Гриненко Е.А.¹, Емельянов В.К.¹, Морозов С.Г.²

Патофизиология мозгового кровообращения при краниоцеребральной диспропорции, обусловленной пневмоцефалией

¹ — ФГБНУ НИИ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко, 125047, Москва, 4-я Тверская-Ямская ул., д. 16

² — ФГБНУ НИИ общей патологии и патофизиологии, 125315, Москва, ул. Балтийская, д. 8

В исследование включено 19 пациентов с послеоперационной пневмоцефалией различной степени выраженности, которые имели неадекватный выход из наркозного сна. С помощью КТ головного мозга были исключены возможные послеоперационные осложнения (отек, гидроцефалия, гематома) и выявлено скопление воздуха в интракраниальной полости (над лобными и/или височными долями, в желудочковой системе головного мозга). Оценка кровотока в каротидных и вертебро-базиллярных сосудах на экстракраниальном уровне через 2 часа после операции показала достоверное ($p < 0,001$) снижение систолической линейной скорости кровотока (ЛСК сист.) во внутренней сонной артерии (ВСА) по сравнению с дооперационными показателями на фоне пневмоцефалии и угнетенного сознания. Регистрация кровотока через 24—48 часов после операции показала достоверное восстановление ЛСК сист. в ВСА на экстракраниальном уровне в условиях регресса пневмоцефалии и восстановления сознания.

Ключевые слова: послеоперационная пневмоцефалия, краниоцеребральная диспропорция, мозговой кровоток

Kulchikov A.E.², Grinenko E.A.¹, Emelyanov V.K.¹, Morozov S.G.²

Cerebral circulation pathophysiology into pneumocephalus craniocerebral disproportion

¹ — Federal State Budgetary Scientific Institution «Burdenko Neurosurgical Research Institute», 16, Tverskaya-Yamskaya str., 125047 Moscow, Russian Federation

² — Federal State Budgetary Scientific Institution «The Institute of General Pathology and Pathophysiology», 8, Baltiyskaya str., 125315 Moscow, Russian Federation

We included 19 patients with a different intensity postoperative pneumocephalus and an inadequate postoperative awakening. Intracranial CT excluded postoperative complications (oedema, haematoma, hydrocephalus) and diagnosed a pneumocephalus (above the frontal and temporal lobes and in the cerebral ventricular system). In two hours after operation we found systolic linear blood flow velocity (BFV syst.) decrease in the extracranial part of internal carotid artery (ICA) ($p < 0,001$) in patients with pneumocephalus and inadequate postoperative awakening. But in 24—48 hours after operation we diagnosed BFV syst. elevation in the ICA extracranial part ($p < 0,001$) and pneumocephalus diminution in patients with a recovered consciousness.

Key words: postsurgical pneumocephalus, craniocerebral disproportion, cerebral blood flow

Сохранение баланса объемных внутричерепных взаимоотношений является одним из важнейших условий адекватного кровоснабжения головного мозга (ГМ) [1, 2]. Возникновение краниоцеребральной диспропорции (КЦД) может быть обусловлено конфликтом между объемом интракраниальной полости и объемом ее содержимого: мозгового вещества, ликвора и/или крови [1, 3—5]. Увеличение объема одного из них приводит к компенсаторному уменьшению объема другого. Так, в ответ на отек мозга происходит выдав-

ливание ликвора в спинномозговой канал, а нарастающая гидроцефалия может сопровождаться усилением венозного оттока крови из полости черепа [2—4]. В случае истощения компенсаторных механизмов происходит повышение внутричерепного давления (ВЧД), возникает внутричерепная гипертензия (ВЧГ) и формируется КЦД [1—3, 5]. Опасность подобной ситуации связана с установленным фактом влияния ВЧГ на мозговое кровообращение (МК) [2]. Чем выше ВЧД, тем более значим дефицит кровоснабжения ГМ и тем грубее неврологическая симптоматика.

Один из редких механизмов КЦД — появление инородного вещества в интракраниальной полости.

Для корреспонденции: Кульчиков Андрей Евгеньевич, к.м.н., науч. сотр., лаб. общей и перинатальной нейроиммунопатологии ФГБНУ НИИ ОПП, e-mail: andrey.kulchikov@gmail.com

Так, при выполнении оперативного вмешательства на структурах задней черепной ямки (ЗЧЯ) в положении сидя разгерметизация черепа ведет к проникновению в его полость воздуха из окружающей среды. Подобное явление отмечено только при операциях с вертикализацией, в то время как нейрохирургические вмешательства, выполненные в традиционном положении пациента на хирургическом столе, не сопровождаются формированием пневмоцефалии. Ее возникновение при операциях на структурах ЗЧЯ, степень выраженности и распространенности непредсказуема, как непредсказуемы и ее последствия. В ряде случаев проникновение воздуха в рога боковых желудочков, его распределение над лобными и височными долями не приводит к формированию неврологического дефицита и не влияет на длительность пробуждения пациентов после операции. В иных наблюдениях у больных с менее распространенной пневмоцефалией отмечают угнетение сознания и неврологический дефицит после выхода из наркозного сна. Учитывая особенности зоны хирургического вмешательства, в подобных случаях нередко требуется дополнительная медикаментозная седация и продолжение искусственной вентиляции легких (ИВЛ).

Формирование пневмоцефалии не исключает возникновение ВЧГ с воздействием на МК, чем и обусловлены трудности пробуждения пациентов после наркозного сна. Поэтому *целью нашей работы* было исследование особенностей кровотока в каротидном и вертебро-базиллярном бассейнах (ВББ) у пациентов в зависимости от распространенности пневмоцефалии как одной из возможных причин формирования КЦД.

Методика

В исследование включено 19 пациентов с послеоперационной пневмоцефалией, средний возраст которых составил $46,3 \pm 14,3$ года. Из них 11 женщин (57,9%) и 8 мужчин (42,1%). Причиной оперативного вмешательства послужило выявленное объемное образование ЗЧЯ. Наиболее часто гистологически оно представляло собой невриному слухового нерва (11 наблюдений), реже встречались менигеома (3), медуллобластома (1), анапластическая эпендимома (2), астроцитомы (1) и гемангиобластома (1).

Алгоритм обследования пациентов включал неврологический осмотр до и после операции, компьютерную томографию головного мозга (КТ ГМ) в динамике и оценку кровотока в обоих сосудистых бассейнах на экстракраниальном уровне (общей сонной артерии (ОСА), справа (ОСАд) и слева (ОСАс); наружной сонной артерии (НСА), справа (НСАд) и слева (НСАс); внутренней сонной артерии (ВСА), справа (ВСАд) и слева (ВСАс); в V3-сегменте позвоночной артерии (ПА), справа (ПАд) и слева

(ПАс)). Причиной выбора подобной методики были технические трудности регистрации транскраниального кровотока у пациентов с пневмоцефалией в связи с нередким распространением воздуха над лобными и височными долями и «гашением» ультразвукового луча при локации кровотока из темпорального или орбитального доступа. Учитывая непрогнозируемое формирование пневмоцефалии в ходе операции, мы регистрировали (используя метод ультразвуковой доплерографии брахиоцефальных сосудов) систолическую линейную скорость кровотока (ЛСК сист.) до начала операции, через 2 ч после нее (т.е., после выхода больного из наркозного сна) и через 24—48 ч после хирургического вмешательства. Все исследования проводили в условиях гемодинамической стабильности обследуемых пациентов. Количественные данные экстракраниального кровотока мы сравнивали с изменениями динамической КТ ГМ и сознания.

Статистическую обработку данных осуществляли с помощью программ «BIOSSTAT» и «STATISTICA 10.0». Данные представлены в виде средних арифметических и стандартных отклонений ($M \pm SD$). Достоверность различий устанавливали с помощью t-критерия Стьюдента. Все данные имели нормальное распределение.

Результаты и обсуждение

Причиной диагностического поиска послужило медленное и неадекватное пробуждение у всех 19 пациентов, что сопровождалось угнетением уровня сознания и/или психомоторным возбуждением. Основной потребностью выполнения КТ ГМ в раннем послеоперационном периоде стала необходимость исключения иных хирургических осложнений (гематома, отек мозга, окклюзионная гидроцефалия и др.). По данным исследования иные субстраты, кроме различной степени распространенности воздуха в краниальной полости, выявлены не были. В ходе диагностики мы отметили не только различную локализацию воздуха в полости черепа, но и неодинаковую визуальную выраженную пневмоцефалию (рис. 1, 2). Во всех клинических наблюдениях в условиях обнаруженной пневмоцефалии исследование кровотока на экстракраниальном уровне отмечены достоверные изменения ЛСК сист. в сосудах обоих бассейнов по сравнению с дооперационными показателями ($p < 0,001$). При этом наиболее выраженная депрессия кровотока была зафиксирована в ВСА справа (ВСАд) и слева (ВСАс). И если скоростные показатели кровотока в среднем в группе в обеих ВСА до операции соответствовали ВСАд: $50,0 \pm 9,4$ см/с и ВСАс: $50,9 \pm 11,7$ см/с, то в раннем послеоперационном периоде они снизились до $37,3 \pm 6,7$ см/с в правой ВСА ($p < 0,001$) и $38,3 \pm 8,6$ см/с в левой ВСА ($p < 0,001$), соответственно.

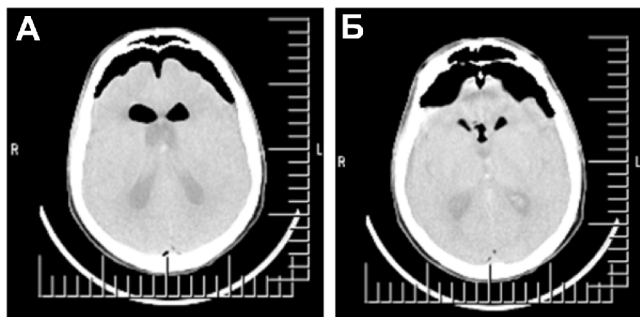


Рис. 1. (А, Б). Больной X, 62 лет, после операции по поводу удаления невриномы слухового нерва слева с неадекватным пробуждением в раннем послеоперационном периоде. По данным КТ ГМ: пневмоцефалия с локализацией воздуха в передних рогах боковых желудочков и над лобными долями.

С целью церебропротекции больные были дополнительно седатированы, на фоне чего была продолжена ИВЛ. Спустя 24—48 ч после операции повторная регистрация МК на экстракраниальном уровне показала достоверное восстановление дооперационных значений ЛСК сист. во всех клинических наблюдениях. Так, в правой ВСА ЛСК сист. достигла $52,3 \pm 7,6$ см/с ($p < 0,001$, по сравнению с ЛСК сист. через 2 ч после операции) и $51,6 \pm 12,5$ см/с ($p < 0,001$ по сравнению с ЛСК сист. через 2 ч после операции) (таблица).

По данным контрольной КТ ГМ было установлено явное уменьшение объем воздуха в полости черепа. Подобная динамика пневмоцефалии и скоростных показателей кровотока на ее фоне ЛСК сист. в обоих сосудистых бассейнах сопровождалась изменениями со стороны сознания больных. После прекращения седации во всех наблюдениях было отмечено восстановление сознания с адекватным выполнением инструкций, что позволило перевести пациентов на самостоятельное дыхание.

Так, после хирургического вмешательства на фоне различной степени распространенности пневмоцефалии и достоверно сниженных значений кровотока

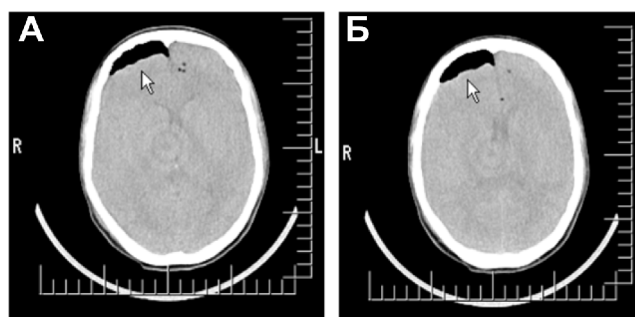


Рис. 2. (А, Б). Больная Y, 29 лет, оперированная по поводу невриномы слухового нерва справа. В раннем послеоперационном периоде отмечено длительное пробуждение, по данным КТ ГМ — небольшое скопление воздуха над лобной долей справа.

в ВСА мы диагностировали пролонгированный и неадекватный выход пациентов из наркозного сна с угнетением сознания и психомоторным возбуждением. Через 24—48 ч по мере восстановления кровотока и уменьшения пневмоцефалии пациентам удавалось перевести на самостоятельное дыхание в связи с восстановлением уровня сознания.

Характерной реакцией МК на присутствие воздуха в краниальной полости стало достоверное снижение ЛСК сист. в обеих ВСА на экстракраниальном уровне. В иных каротидных сосудах и ВББ ЛСК сист. в каждом отдельном случае менялась только в абсолютных значениях (рис. 3).

Проникновение воздуха в полость черепа при операциях в положении сидя обусловлена двумя причинами: разгерметизацией краниальной полости и разницей между внутричерепным и атмосферным давлениями. Вертикализация пациента в ходе операции приводит к перераспределению объемов в краниальной полости и некоторому снижению ВЧД (вплоть до отрицательных значений) по сравнению с горизонтальным положением [5, 6]. Если атмосферное давление превышает внутричерепное на момент разгерме-

Таблица

Динамика систолической линейной скорости кровотока в каротидном и вертебробазиллярном бассейне у пациентов с пневмоцефалией ($M \pm SD$)

Название сосуда	OCA _d	OCA _s	HCA _d	HCA _s	BCA _d	BCA _s	ПА _d	ПА _s
ЛСК сист. до операции, см/с	$59,8 \pm 17,5$	$59,7 \pm 20,5$	$58,9 \pm 12,3$	$60,4 \pm 14,9$	$50 \pm 9,4$	$50,9 \pm 11,7$	$35,5 \pm 10,4$	$34,4 \pm 8,5$
ЛСК сист. через 2 часа после операции, см/с	$55,1 \pm 14,6$	$56,3 \pm 18,7$	$58,8 \pm 16,8$	$57,8 \pm 15,5$	$37,3 \pm 6,7^*$	$38,3 \pm 8,6^*$	$36,05 \pm 7,6$	$36,5 \pm 6,7$
ЛСК сист. через 24—48 часов после операции, см/с	$53 \pm 14,2$	$55,4 \pm 19,1$	$54,7 \pm 15,4$	$61,7 \pm 9,5$	$52,3 \pm 7,6^{**}$	$51,6 \pm 12,5^{**}$	$35,8 \pm 7,4$	$36,7 \pm 13,7$

Примечание. * — $p < 0,001$ — по сравнению с ЛКС сист. до операции; ** $p < 0,001$ — по сравнению с ЛСК сист. через 2 часа после операции. ЛСК сист. — систолическая линейная скорость кровотока; OCA — общая сонная артерия; HCA — наружная сонная артерия; BCA — внутренняя сонная артерия; ПА — позвоночная артерия; d — правые артерии; s — левые артерии.

тизации краниальной полости, происходит формирование пневмоцефалии.

Реакция кровотока на дополнительный объем в полости черепа, скорее всего, обусловлена быстрым формированием ВЧГ, повышающей периферическое сопротивление и затрудняющей артериальный кровоток в момент ушивания раны. Именно в условиях дефицита МК появляется и неврологическая симптоматика, которую удается выявить сразу после пробуждения пациента. Но остается открытым вопрос, почему подобная однотипная реакция ЛСК сист. на протяжении всего исследования имеет место у всех наблюдаемых больных и не зависит от распространенности пневмоцефалии. Возможно, это обусловлено индивидуальным объемом резервного пространства краниальной полости в каждом отдельном случае [1, 7]. Согласно этому у одних пациентов незначительное увеличение объема содержимого полости черепа способно привести к расстройствам кровообращения ГМ и неврологическим проявлениям, а другим для возникновения подобной сосудистой реакции требуется значительно больший дополнительный объем, чтобы исчерпать резервные возможности краниальной полости и тем самым повысить периферическое сопротивление и снизить ЛСК сист. Таким образом, можно объяснить факт отсутствия характерной депрессии ЛСК сист. в ВСА у пациентов с распространенной пневмоцефалией, что встречается в клинической практике. При прочих равных условиях клинически выход из наркозного сна у этих больных может не отличаться от тех, кто был прооперирован в традиционном положении и не имел скопления воздуха в полости черепа. Достоверность реакции МК на пневмоцефалию в ВСА обусловлена тем, что данный сосуд является истоком интракраниальной части каротидного бассейна, а локализация воздуха в передних отделах полости черепа создает ВЧГ именно в этой зоне согласно «мозаике» ВЧД.

Следовательно, регистрация скоростных показателей кровотока в раннем послеоперационном периоде у пациентов с неадекватным выходом из наркозного сна на фоне пневмоцефалии позволит оценить влияние КЦД на МК и применить эти знания для решения практических вопросов нейрореаниматологии.

Список литературы

1. Ларькин В. И. Краниocereбральная диспропорция у детей (совершенствование методов диагностики и хирургического лечения): Дис... д-ра мед. наук. Омск; 2007. 212 с.
2. Шахнович А. Р., Шахнович В. А.. Диагностика нарушений мозгового кровообращения. Транскраниальная доплерография. М.; 1996. 446 с.
3. Мчедлишвили Г.И., ред. Отек головного мозга. Тбилиси: Мечниереба; 1986. 174 с.

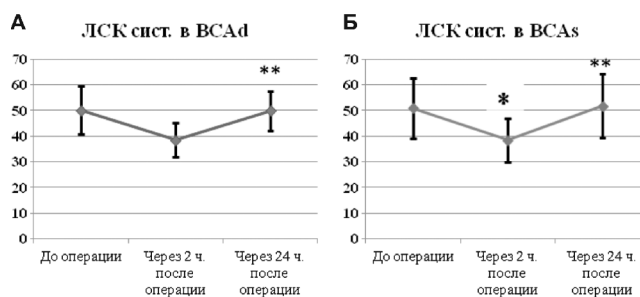


Рис. 3. Динамика систолической линейной скорости кровотока в экстракраниальной части правой (д) и левой (с) внутренней сонной артерии:

* — $p < 0,001$ — по сравнению с ЛСК сист. до операции; ** — $p < 0,001$ — по сравнению с ЛСК сист. через 2 часа после операции. ЛСК сист — систолическая линейная скорость кровотока; ВСAd — правая внутренняя сонная артерия; ВСAs — левая внутренняя сонная артерия.

4. Сировский Э.Б. Внутричерепная дистензия у нейрохирургических больных в раннем послеоперационном периоде: Дис. ... д-ра мед.наук. М.; 1984. 427 с.

5. Poca MA, Sahuquillo J, Topczewski T, Lastra R, Font ML, Corral E. Posture-induced changes in intracranial pressure: a comparative study in patients with and without a cerebrospinal fluid block at the craniovertebral junction. *Neurosurgery*. 2006; 58: 899-906.

6. Chapman P., Cosman E., Arnold M. The relationship between ventricular fluid pressure and body position in normal subjects and subjects with shunts: a telemetric study. *Neurosurgery*. 1990; 26: 181-9.

7. Александрин В.В. Ауторегуляция мозгового кровотока в норме и в период ишемической гипоперфузии. *Патогенез*. 2012; 1(10): 27-30.

Поступила 04.03.15

References

1. Larkin V.I. *Cranio cerebral disproportion in children (The methods of diagnostic and the surgical treatment enhancement)*. Doct. diss. Omsk, 2007. 212 c. (In Russian)
2. Shahnovich A.R., Shahnovich V.A. *Diagnostics of cerebral circulation disorders. Transcranial Doppler*. Moscow; 1996. 446 c. (In Russian)
3. Mchendishvili G.I. *Brain edema*. Tbilissi: Metcniereba Publ.; 1986. 174 c. (In Russian).
4. Sirovskiy E.B. *Intracranial distension in neurosurgical patients at early postoperative period*. Doct. diss. Moscow; 1984. 427 c. (In Russian).
5. Poca MA, Sahuquillo J, Topczewski T, Lastra R, Font ML, Corral E. Posture-induced changes in intracranial pressure: a comparative study in patients with and without a cerebrospinal fluid block at the craniovertebral junction. *Neurosurgery*. 2006; 58: 899-906.
6. Chapman P., Cosman E., Arnold M. The relationship between ventricular fluid pressure and body position in normal subjects and subjects with shunts: a telemetric study. *Neurosurgery*. 1990; 26: 181-9.
7. Alexandrin V.V. Autoregulation of cerebral blood flow in normal and during the postischemic hypoperfusion. *Pathogenesis*. 2012; 1(10): 27-30. (In Russian)

Received 04.03.15

Сведения об авторах:

Гриненко Елена Анатольевна (Grinenko E.A.), канд. мед. наук, науч. сотр., отделение реанимации ФГБНУ НИИ НХ им. акад. Н.Н. Бурденко

Емельянов Владимир Константинович (Emelyanov V.K.), канд. мед. наук, врач-реаниматолог, отделение реанимации ФГБНУ НИИ НХ им. акад. Н.Н. Бурденко

Морозов Сергей Георгиевич (Morozov S.G.), доктор мед. наук, проф., член-корреспондент РАН, руководитель лаб. общей и перинатальной нейроиммунопатологии, заместитель директора по науке ФГБНУ НИИ ОПП.