

УДК 612.824—053.2—073.916

В. Ю. Мартынюк, Г. Т. Божко

СОСТОЯНИЕ МОЗГОВОЙ ГЕМОДИНАМИКИ У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ ПО ДАННЫМ РАДИОНУКЛИДНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕГИОНАРНОГО ОБЪЕМНОГО МОЗГОВОГО КРОВотоКА

Одним из наиболее современных методов изучения функционального состояния мозга в зависимости от уровня сосудистого обеспечения является радионуклидный метод исследования, в частности, метод определения регионарного мозгового кровотока (рМК) с помощью внутривенного введения радиоактивного инертного газа ксенон-133 (^{133}Xe). Теоретические основы методики, ее преимущества перед ранее применяемыми и целесообразность клинического использования достаточно полно освещены в литературе [2, 9, 11]. Отличительной особенностью этого метода является возможность одновременного исследования кровотока как в левом и правом полушариях в целом, так и в небольших, ограниченных участках мозговой ткани, что имеет большое значение для выявления локальных нарушений кровообращения при различной церебро-васкулярной патологии. Высокая степень достоверности получаемой информации, многогранность и отсутствие каких-либо противопоказаний позволяют считать радионуклидное исследование мозгового кровообращения перспективным клиническим методом для изучения регионарных расстройств гемодинамики в детском возрасте. Однако отсутствие в литературе четких представлений о возрастных различиях мозгового кровотока у здоровых детей значительно снижает информативность и правильность интерпретации получаемых с помощью этого метода данных [5, 7]. Используемые в качестве возрастной нормы показатели мозговой гемодинамики, полученные газоаналитическим методом [13, 15], характеризуют лишь средний объемный мозговой кровоток и не позволяют судить о его межрегионарных различиях. Вместе с тем знание возрастных особенностей мозговой гемодинамики у детей позволит не только диагностировать различные церебро-васкулярные заболевания, но и расширить представления о возрастной физиологии мозга, в частности уточнение характера взаимосвязи между функционально-морфологической зрелостью различных структур мозга, метаболизмом и мозговым кровотоком [16].

Методика исследований

Для исследования были отобраны дети среди обследованных в связи с жалобами на нарушения поведения, ночной энурез, заикание. Всего было обследовано 22 ребенка (10 мальчиков и 12 девочек). Из них в возрасте от 4 до 7 лет было семь, от 8 до 11 лет — семь и от 12 до 16 лет — восемь детей. Всем детям проведено обследование соматического, неврологического, вегетативного и психического статуса, а также реоэнцефалографическое исследование. У отобранных для изучения регионарного мозгового кровотока не было указаний на выраженную перинатальную патологию, признаков повышения внутричерепного давления и повышенной судорожной готовности, полушарных очаговых неврологических симптомов, признаков текущего воспалительного процесса в оболочках и веществе мозга, патологии со стороны внутренних органов. Исследование пульса, артериального давления и гемограммы, проведенные в динамике (до и спустя 1 мес после проведения процедуры), не выявили значимых отклонений от возрастной нормы. Показатели реоэнцефалографии существенно не отличались от данных, полученных другими авторами при обследовании здорового контингента детей [8, 10].

Регионарный мозговой кровоток изучали на отечественной радиодиагностической установке «Ксенон-2» с помощью внутривенного введения радиоактивного инертного

газа ^{133}Xe . Величину рМК рассчитывали методом отдельного анализа в модификации [4] и по таблицам, рассчитанным на ЭВМ МИР-2 [1].

Детекторы устанавливали симметрично в правом и левом полушариях над лобными, височно-теменными и затылочными областями головного мозга. Информацию о накоплении и последующем очищении мозговой ткани от ^{133}Xe регистрировали отдельно каналами радиометра, а конечные данные записывали на самопишущих приборах НЗ20-3 в виде кривых выведения ^{133}Xe .

Для повышения точности измерения использовали экранирование грудной клетки пациента, дополнительное экранирование фотоэлектронного умножителя и систему для отведения выдыхаемого воздуха за пределы лаборатории.

Лучевые нагрузки при применении ^{133}Xe незначительны. Даже для больших активностей (до 20 мКи) при внутривенном введении доза облучения организма не превышает 5 мрад (340 г/рад), что в десятки раз меньше доз, получаемых пациентом при любом другом способе рентгенодиагностики [3, 6]. В наших исследованиях доза вводимого изотопа-индикатора не превышала 4–6 мКи, при этом лучевые нагрузки, как показали исследования [12, 17], являются допустимыми для применения метода в детской практике.

Кроме рМК определяли регионарное мозговое сосудистое сопротивление (рМСС). Как известно, этот показатель рассчитывается по формуле:

$$\text{рМСС} = \frac{\text{ср. карот. давление крови} - \text{ср. яремное давление (мм рт. ст., или гПа)}}{\text{рМК (мл/100 г·мин)}}$$

и отражает давление, необходимое для перфузирования 1 см³ крови в 1 мин через 100 г вещества головного мозга [14]. Однако, учитывая сложность определения каротидного давления, мы использовали показатель среднего артериального давления, измеренного на плечевой артерии. Яремное давление, как известно, в норме приблизительно равно единице, поэтому его измерение не проводили. Таким образом, в наших исследованиях показатель рМСС рассчитывали по формуле:

$$\text{рМСС} = \frac{\text{среднее артериальное давление (мм рт. ст., или гПа)}}{\text{рМК (мл/100 г·мин)}}$$

Все дети были обследованы в одинаковых условиях, в одно время, в положении лежа с закрытыми глазами. Поскольку эмоциональное напряжение, связанное с исследованием, может отразиться на уровне мозгового кровотока [13, 15], всем проводилась психотерапевтическая подготовка.

Результаты исследования обработаны методом вариационной статистики с использованием ЭВМ МИР-2. Для оценки достоверности различий средних арифметических выборочных совокупностей учитывали условия малых выборок ($n < 30$).

Результаты исследований

Данные, полученные с помощью определения клиренса ^{133}Xe представлены в табл. 1 и 2.

Общей закономерностью, выявленной при проведении настоящих исследований, было изменение уровня рМК и рМСС в зависимости от возраста, причем уровень мозговой гемодинамики постепенно снижался, а сосудистое сопротивление, наоборот, увеличивалось. Кроме того, определялись межрегионарные различия, которые характеризовались некоторым превалированием уровня мозговой гемодинамики в передних отделах мозга (лобные и височно-теменные области) по сравнению с затылочными.

Анализ показателей, представленных в таблицах, показал, что у детей 4–7 лет мозговая гемодинамика характеризовалась наиболее высоким уровнем объемного мозгового кровотока (рМК ср. равнялся $96,85 \pm 1,34$ мл/100 г·мин). Вместе с тем обращают внимание достаточно выраженные индивидуальные различия показателей у обследуемых лиц: так, для левой лобной области среднее квадратическое отклонение равнялось 7,31, а коэффициент вариации — 7,26 %. Регионарное мозговое сосудистое сопротивление по сравнению с другими возрастными группами характеризовалось наиболее низкими показателями (рМСС ср. составило $0,71 \pm 0,02$ мм рт. ст. / мл/100г·мин, или $0,94$ гПа / мл/100г·мин).

У детей 8–11 лет в отличие от предыдущей возрастной группы наблюдали снижение уровня рМК (рМК ср. равнялся $84,24 \pm$

$\pm 1,24$ мл/100 г·мин

дистое сопротивление

$1,17 \frac{\text{гПа}}{\text{мл/100г·мин}}$

(среднее квадратич...
а коэффициент вар...
вой гемодинамики...
ние уровня сосудис...
межполушарные ра...

Средний регионарный мо

Область измерения
мл/100г·мин

рМК ср. левого полуш...
рМК ср. правого полуш...
рМК ср.

рМК ср. левого полуш...
рМК ср. правого полуш...

рМК ср.

рМК ср. левого полуш...
рМК ср. правого полуш...
рМК ср.

В группе подр...
уровня мозгового к...
тивления: рМК ср.

$1,09 \frac{\text{мм рт. ст.}}{\text{мл/100г·мин}}$

ли индивидуальные...
личение среднего к...
до 8,48, а коэффи...

Следует отмети...
изучаемыми возрас...
достоверными ($p <$

Полученные да...
мозгового кровотока...
обеспечения мозга...
(см. рисунок). Эти...
мозговой гемодина...
энцефалографическ...
тверждают мнение...
более высокие пок...
фических условий

$\pm 1,24$ мл/100 г·мин), повышение показателя, характеризующего сосудистое сопротивление (рМСС ср. равнялось $0,88 \pm 0,01 \frac{\text{мм рт. ст.}}{\text{мл/100г} \cdot \text{мин}}$ или $1,17 \frac{\text{гПа}}{\text{мл/100г} \cdot \text{мин}}$) и уменьшение индивидуальных различий показателей (среднее квадратическое отклонение в той же области составило 2,69, а коэффициент вариации — 3,03 %). Характерной особенностью мозговой гемодинамики для этой возрастной группы явилось превалирование уровня сосудистого обеспечения в левом полушарии мозга, однако межполушарные различия оказались статистически недостоверными.

Таблица 1

Средний регионарный мозговой кровоток (рМК ср.) у детей различных возрастных групп

Область измерения мл/100г·мин	Выборочное среднее (X)	Ср. квадратическое отклонение (σ)	Коэффициент вариации (V, %)	Ср. ошибка ср. величины (±m)	Доверительный интервал
4 — 7 лет (n = 7)					
рМК ср. левого полушария	97,26	4,91	4,99	1,68	90,03—104,48
рМК ср. правого полушария	96,45	5,76	5,90	2,17	87,11—105,79
рМК ср.	96,85	5,74	5,14	1,34	93,66—100,04
8 — 11 лет (n = 7)					
рМК ср. левого полушария	86,06	4,32	4,70	1,14	80,30—91,82
рМК ср. правого полушария	82,41	5,76	5,35	1,60	75,56—89,27
рМК ср.	84,24	5,03	5,06	1,24	81,05—87,42
12 — 16 лет (n = 8)					
рМК ср. левого полушария	73,96	6,92	9,59	1,11	69,20—78,72
рМК ср. правого полушария	73,12	6,71	9,71	1,57	66,39—79,86
рМК ср.	73,54	6,56	9,62	1,29	71,29—75,80

В группе подростков 12—16 лет отмечали дальнейшее снижение уровня мозгового кровотока и повышение мозгового сосудистого сопротивления: рМК ср. равнялся $73,54 \pm 1,29$ мл/100 г·мин, а рМСС ср. — $1,09 \frac{\text{мм рт. ст.}}{\text{мл/100г} \cdot \text{мин}}$ ($1,45 \frac{\text{гПа}}{\text{мл/100г} \cdot \text{мин}}$). Кроме того, значительно возросли индивидуальные различия показателей, о чем свидетельствует увеличение среднего квадратического отклонения в левой лобной области до 8,48, а коэффициента вариации до 11,22 %.

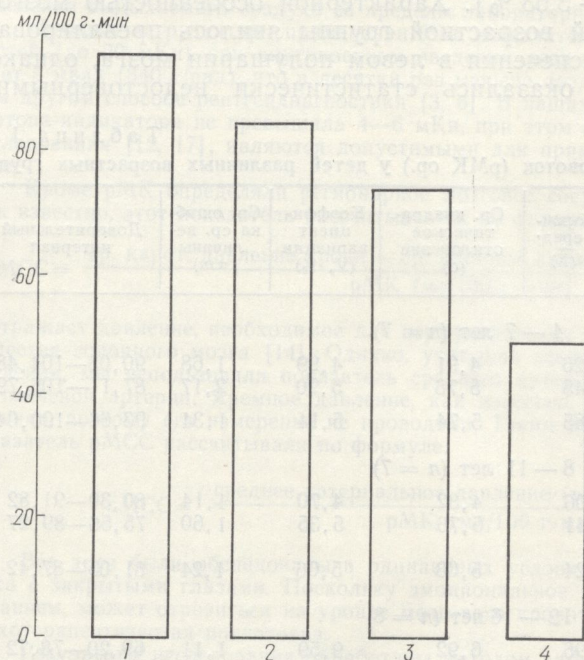
Следует отметить, что при сравнении рМК ср. и рМСС ср. между изучаемыми возрастными группами различия оказались статистически достоверными ($p < 0,05$).

Обсуждение результатов исследований

Полученные данные радионуклидного определения регионарного мозгового кровотока указывают на более высокий уровень сосудистого обеспечения мозга в детском возрасте по сравнению со взрослыми (см. рисунок). Эти данные согласуются с результатами исследований мозговой гемодинамики здоровых детей, полученными с помощью реоэнцефалографического, газоаналитического и других методов и подтверждают мнение большинства исследователей [8, 13, 15] о том, что более высокие показатели кровотока являются не следствием специфических условий применяемой процедуры, а отражают истинное со-

стояние мозговой гемодинамики в детском и подростковом возрасте. Вместе с тем радионуклидный метод определения рМК оп сравнению с другими методами исследования мозговой гемодинамики является более ценным, так как позволяет регистрировать мозговой кровоток с различных областей головного мозга.

Исходя из известного положения о взаимосвязи функционально-морфологического состояния различных структур мозга, уровня мета-



болизма в них и гемодинамикой [16], более высокие показатели уровня мозгового кровотока у детей 4—7 лет, по-видимому, свидетельствуют и о более интенсивном созревании мозга в этом возрастном диапазоне.

В то же время показатель рМСС с возрастом постоянно увеличивается, что, по-видимому, является отражением возрастных изменений морфофункционального состояния стенки мозговых сосудов и завершения со-

Показатели рМК ср. у лиц разного возраста.
1 — дети 4—7 лет, 2 — 8—11 лет, 3 — подростки 12—16 лет, 4 — взрослые.

зрения сосудодвигательных центров в коре головного мозга.

Учитывая статистически достоверные различия показателей рМК ср. и рМСС ср. изучаемых возрастных групп ($p < 0,05$) целесообразно эти показатели использовать в качестве нормы отдельно для детей 4—7, 8—11 и 12—16 лет.

Таблица 2
Среднее региональное мозговое сосудистое сопротивление (рМСС ср.) у детей различных возрастных групп

Область измерения мм рт. ст. мл/100 г. мин	Выборочное среднее ($\bar{X}$)	Среднее квадрати- ческое отклоне- ние (σ)	Кэффи- циент ва- риации (V, %)	Ср. ошиб- ка ср. ве- личины ($\pm m$)	Доверитель- ный интервал
4 — 7 лет ($n = 7$)					
рМСС ср. левого полушария	0,71 (0,94)	0,06	8,50	0,01	0,67—0,76
рМСС ср. правого полушария	0,72 (0,95)	0,05	7,82	0,02	0,65—0,78
рМСС ср.	0,71 (0,94)	0,05	8,20	0,02	0,69—0,74
8 — 11 лет ($n = 7$)					
рМСС ср. левого полушария	0,87 (1,16)	0,04	3,12	0,01	0,82—0,91
рМСС ср. правого полушария	0,90 (1,19)	0,03	3,16	0,02	0,83—0,97
рМСС ср.	0,88 (1,17)	0,04	3,16	0,01	0,85—0,91
12 — 16 лет ($n = 8$)					
рМСС ср. левого полушария	1,09 (1,45)	0,09	10,33	0,02	1,02—1,15
рМСС ср. правого полушария	1,09 (1,45)	0,08	9,91	0,03	1,01—1,16
рМСС ср.	1,09 (1,45)	0,08	8,36	0,02	1,06—1,11

Выявленные на-
дельствующие о
зывают на более в
генетически более
внутри каждой из
нарные различия бл
8—10 мл/100 г·мин
кровотока в разл
10 мл/100 г·мин, у
пределение мозговой

Превалирование
у детей 8—11 лет
возможно, отражает
асимметрию функци

Наличие более
зателей, характеризу
ных группах 4—7 и
сложной перестройк

Таким образом,
о разных регионарн
ности от возрастного
нием теории о гетер
мозга в детском во
гемодинамики позво
таким образом, в и
морфологической зр
отделов. Кроме того
диагностировать раз
конечном итоге буд
чебно-профилактичес

THE STATE
AND TEENAGERS
OF REGION

Intravenous adminis-
the state of regional cereb
(rCVR) in 22 children of
differences in brain haemo
indices were found at an e
and an increase in vascu
to prevalence of the bloodf

Department of Children Ps
Advanced Training Institut

1. Белоус А. К., Божко Г. Т. Радонуклидный метод определения мозгового кровотока у детей. Дис. ... канд. мед. наук.
2. Божко Г. Т. Радонуклидный метод определения мозгового кровотока у детей. Дис. ... канд. мед. наук.
3. Голиков В. Я., Корень А. И. Радонуклидный метод определения мозгового кровотока у детей. Дис. ... канд. мед. наук.
4. Дарбинян Т. М., Каламидзе Г. В. Радонуклидный метод определения мозгового кровотока у детей. Дис. ... канд. мед. наук.

Выявленные нами межрегионарные различия гемодинамики, свидетельствующие о более высоком рМК в передних отделах мозга, указывают на более высокий уровень метаболических процессов в филогенетически более молодых структурах (лобных долях). Вместе с тем внутри каждой из изучаемых возрастных групп выявленные межрегионарные различия были статистически недостоверными и не превышали 8—10 мл/100 г·мин (8—14 %). Следовательно, колебания мозгового кровотока в различных областях головного мозга, превышающие 10 мл/100 г·мин, указывают на патологическое межрегионарное распределение мозговой гемодинамики.

Превалирование уровня мозгового кровотока в левом полушарии у детей 8—11 лет подтверждается и другими исследователями [8] и, возможно, отражает наблюдаемую в этом возрасте физиологическую асимметрию функциональной активности мозговых структур.

Наличие более выраженной индивидуальной variability показателей, характеризующих состояние мозговой гемодинамики в возрастных группах 4—7 и 12—16 лет, по-видимому, является отражением сложной перестройки организма в переходные периоды.

Таким образом, проведенные нами исследования свидетельствуют о разных регионарных распределениях мозгового кровотока в зависимости от возрастного фактора, что является объективным подтверждением теории о гетерохронном развитии различных отделов головного мозга в детском возрасте. Знание возрастных особенностей мозговой гемодинамики позволит использовать эти данные в качестве нормы и, таким образом, в известной мере судить о степени функционально-морфологической зрелости как мозга в целом, так и его различных отделов. Кроме того, полученные нами данные позволят своевременно диагностировать различные церебро-васкулярные заболевания, что в конечном итоге будет способствовать повышению эффективности лечебно-профилактических мероприятий в детском возрасте.

V. Yu. Martynyuk, G. T. Bozhko

THE STATE OF BRAIN HAEMODYNAMICS IN CHILDREN
AND TEENAGERS FROM DATA OF RADIONUCLIDE DETERMINATION
OF REGIONAL VOLUMETRIC CEREBRAL BLOOD FLOW

Summary

Intravenous administration of radioactive inert gas ^{133}Xe was employed to study the state of regional cerebral blood flow (rCB) and regional cerebral vascular resistance (rCVR) in 22 children of three age groups: 4-7, 8-11, 12-16, years old. Age and regional differences in brain haemodynamics were revealed. The higher rCB level and low rCVR indices were found at an early age and, vice versa, a decrease of the cerebral blood flow and an increase in vascular resistance—in teenagers. Interregional differences testify to prevalence of the bloodflow in frontal and temporoparietal areas.

Department of Children Psychoneurology,
Advanced Training Institute for Doctors, Kiev

Список литературы

1. Белоус А. К., Божко Г. Т., Кадашев Б. А. и др. Использование радиоактивного ксенона-133 для определения мозгового кровотока. — Москва, Киев, 1980. — 20 с.
2. Божко Г. Т. Радионуклидное определение регионарного мозгового кровотока у больных пожилого и старческого возраста с психозами сосудистого генеза: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. — Киев, 1980. — 20 с.
3. Голиков В. Я., Коренцов И. П., Лясс Ф. М. Радиационная безопасность при диагностическом использовании Xe^{133} . — Мед. радиология, 1976, 21, № 7, с. 52—65.
4. Дарбинян Т. М., Калантаров К. Д., Херсонский Б. И. Количественное определение мозгового кровотока с помощью внутривенного введения радиоактивного ксенона. — Эксперим. хирургия и анестезиология, 1971, № 1, с. 54—58.

5. *Кадашев Б. А.* Определение регионарного мозгового кровотока методом внутривенного введения Хе-133: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. — М., 1975. — 19 с.
6. *Калантаров К. Д., Варенцов Ю. М., Лясс Ф. М.* Интегральные дозы, создаваемые Хе¹³³ при внутривенном введении. — Мед. радиология, 1966, 11, № 8, с. 19—24.
7. *Лизогуб В. Г.* Регионарный мозговой кровоток при старении и церебральном атеросклерозе: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. — Киев, 1978. — 28 с.
8. *Ополинский Э. С.* Исследование мозгового кровообращения и его соотношение с электрической активностью головного мозга в норме и при олигофрении у детей разного возраста: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. — М., 1973. — 24 с.
9. *Сиваченко Т. П., Зозуля Ю. А., Спиридонова М. В.* Определение регионарного мозгового кровотока с помощью Хе-133 при опухолях больших полушарий головного мозга. — Мед. радиология, 1972, 17, № 8, с. 58—62.
10. *Федоровский Ю. Н., Надточий Г. М., Максимов Б. Н.* Изучение мозгового кровообращения здоровых детей методом реэнцефалографии. — Вопр. охраны материнства и детства, 1972, 17, № 8, с. 58—62.
11. *Agnoli A., Prencipe M., Priori A. et al.* Present status of the technique employed in intravenous injection of Xe¹³³ for measuring regional cerebral blood flow. — In: Brain and blood flow. London, 1970, p. 57—59.
12. *Conway J. I.* Considerations for the performance of radionuclide procedures in children. — Seminars nucl. Med., 1972, 2, № 4, p. 305—315.
13. *Kennedy C., Sokoloff L.* An adaptation of the nitrous oxide method to the study of the cerebral circulation in children: Normal values for cerebral blood flow and cerebral metabolic rate in childhood. — J. Clin. Invest. 1957, 36, № 7, p. 1130—1137.
14. *Kety S. S., Schmidt C. F.* The nitrous oxide method for the quantitative determination of the cerebral blood flow in man. Theory procedure and normal values. — Ibid, 1948, 27, № 4, p. 476—483.
15. *Kety S. S.* Human cerebral blood flow and oxygen consumption as related to aging. — J. Chron. Diseases, 1956, 3, № 5, p. 478—487.
16. *(Lassen H. A.) Лассен Н. А.* Приспособление регионарного кровообращения к местной метаболической потребности в мозгу и нарушение этой регуляции вследствие гипоксии. — В кн.: Корреляция кровоснабжения с метаболизмом и функцией. Тбилиси: Мецниереба, 1969, с. 147—153.
17. *Rouchetti R., Geubelle F., Chantaine G. M., Senterre J.* Studio del rapporto ventilazione/perfusione nel neonato mediante lo Xe¹³³ — Minerva pediat., 1971, 23, № 36, p. 1476—1485.

Кафедра детской психоневрологии
Киевского института усовершенствования врачей

Поступила в редакцию
4.03.81

ГЕМОДИ НА ЭПИЗОДИЧЕС ГИПОТ

Проблема инд
стрессу приобретае
мероприятий и рекс
человека от вредны
следования ряда а
тойчивость сердечн
в условиях одностип
для характеристики
гностических критер
к эмоциональному с
особенности вегета
ситуаций.

Установлено, ч
гательной, особенно
вотных [13]; повед
и амплитуда прессо
воздействие эмоцио
сосудистой системы
литуда Т-зубца эле
щие обменные проц

Мы исследовал
реактивности в отве
периментальной ко
стресс. Мы рассчит
выявить в ходе экс
тивности у устойчи
су животных.

Эксперименты вып
цах породы шиншилла. I
стмассой «Норакрил-100
лова животного фикса
зажимов [14]. Для созд
«домик», изолирующий
зировали в станке. В об
кроликам по координат
раздражающие электрод
черепу пластмассой «Но
лось 0,3—0,5 мм. Фиксир
раздражения ВМГ, черед
ления эпизодических эм
раздражения) был соста
раздражения, наносимые
стрессорное действие [1
переменного тока напря
Продолжительность каж
ляла: для крыс — 30 с и
та животному наносило
говые значения напряже