

ОСОБЕННОСТИ АРТЕРИАЛЬНОГО МОЗГОВОГО КРОВОТОКА У ЛИЦ С РАЗНЫМИ ТИПАМИ СИСТЕМНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ

Н. В. Заболотских, Я. А. Хананашвили

Кубанский государственный медицинский университет

Исследованы показатели кровотока в средней мозговой и основной артериях у практически здоровых лиц с разными типами системной гемодинамики в условиях функционального покоя и при дыхательных пробах. Показано, что у лиц с разными типами системной гемодинамики характеристики артериального мозгового кровотока различаются как в покое, так и в условиях дыхательных проб. При гиперкинетическом типе системной гемодинамики выявляются наибольшие, а при гипокинетическом – наименьшие коэффициенты реактивности в средней мозговой и основной артериях.

Ключевые слова: системная гемодинамика, мозговое кровообращение, функциональные пробы.

PECULIARITIES OF ARTERIAL CEREBRAL BLOOD FLOW IN PERSONS WITH DIFFERENT TYPES OF SYSTEMIC HEMODYNAMICS

N. V. Zabolotskikh, Ya. A. Khananashvili

Abstract. Indices of blood flow in the medium cerebral and basilar arteries in practically healthy persons with different types of systemic hemodynamics are investigated. It was shown that the characteristics of arterial blood flow in persons with different types of systemic hemodynamics differ both at rest and in the conditions of respiratory tests. The greatest coefficients of reactivity are revealed in healthy people with hyperkinetic type of blood circulation in medium cerebral and basilar arteries and the least coefficients are revealed in hypokinetic type of blood circulation.

Key word: systemic hemodynamics, cerebral hemodynamics, functional tests.

У здорового человека многие изучаемые параметры варьируют в довольно широком диапазоне значений. Это обусловлено свойствами самого организма как сложной многокомпонентной системы [4] и подразумевает введение понятия "индивидуальной нормы". И, если в отношении центрального кровообращения определены типы системной гемодинамики здорового человека [6], то практически отсутствуют работы, характеризующие особенности церебрального кровотока как в покое, так и при различных нагрузках в зависимости от индивидуальных типов системной гемодинамики.

Выяснение адаптивных возможностей сосудистой системы головного мозга основано на оценке реактивности мозговых сосудов, которая служит индикатором изменений функционального состояния данной физиологической системы [1, 2, 5, 8]. Однако в литературе практически отсутствуют сведения о влиянии пробы Штанге на церебральную гемодинамику, а также особенности цереброваскулярных реакций на дыхательные пробы у лиц с разными типами системной гемодинамики.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Выяснить закономерность формирования мозгового кровотока в покое и в условиях дыхательных проб у лиц с разными типами системной гемодинамики.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящей работе обобщены и представлены результаты исследования, проведенные у 52 здоровых мужчин в возрасте 20–30 лет. В зависимости от величин сердечного индекса (СИ) в состоянии функционального покоя испытуемые были разделены на три группы: 1-я – с гипокинетическим типом системной гемодинамики ($СИ < 2,5$ л/мин/м²); 2-я – с эукинетическим ($СИ$ от 2,5 до 3,5 л/мин/м²); 3-я – с гиперкинетическим типом ($СИ > 3,5$ л/мин/м²) [6].

Производилась синхронная регистрация параметров системной гемодинамики систолического артериального давления (АДс), диастолического артериального давления (АДд), частоты сердечных сокращений (ЧСС), среднего артериального давления (САД), ударного индекса (УИ), сердечного индекса (СИ), общего периферического сосудистого сопротивления (ОПСС), с помощью монитора Philips – M3046A и мозгового кровотока в средней мозговой артерии (СМА) и основной артерии (ОА) (максимальная систолическая скорость кровотока (Vs), максимальная конечная диастолическая скорость кровотока (Vd), средняя скорость кровотока (Vm), индексов цереброваскулярного сопротивления (ЦВС) индекса пульсации Гослинга PI, индекса циркуляторного сопротивления Pourcelot RI) с помощью доплерографа "Сономед" – 315/М по стандартной методике [3]. Дыхательные пробы были

представлены: гипервентиляционной пробой (ГВ) (глубокое частое дыхание в течение 3 мин.), Breath-Holding Test (ВНТ) (задержка дыхания на фоне обычного дыхания); пробой Штанге (ПШ) (произвольное пороговое апноэ на максимальном вдохе), которые выполнялись испытуемыми в положении лежа. Производился расчет коэффициентов реактивности (Кр) на гиперкапническую нагрузку (ВНТ) Kp^+ и гипокапническую нагрузку (ГВ) Kp^- [1]. При пробе Штанге оценивались изменения показателей на высоте максимального снижения линейной скорости кровотока (ЛСК) в начале пробы (1-я фаза) с расчетом $Kp^-_{пш}$ (на фоне глубокого вдоха) и максимального увеличения ЛСК в конце пробы (2-я фаза на фоне задержки дыхания) с вычислением $Kp^+_{пш}$.

Статистический анализ результатов исследования произведен на персональном компьютере Pentium-IV с помощью статистических функций программы "BioSTAT". Использовались непараметрические методы статистического анализа (критерии Манна-Уитни и Крускала-Уоллиса, Дана и Даннета, Уилкоксона).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Значения показателей мозгового кровотока в СМА и ОА в состоянии покоя у лиц с разными типами системной гемодинамики представлены в табл. 1. В группе лиц с гипокинетическим типом системной гемодинамики (1-я группа) в СМА выявлены максимальные ЛСК и минимальные показатели ЦВС по сравнению с другими группами. Vs была выше на 16 % по сравнению со 2-й группой и на 5,3 % по сравнению с 3-й. Эти же зако-

номерности прослеживались и в отношении остальных показателей: Vd отличалась на 19,8 и на 14,3 % соответственно от этих же показателей у лиц 2-й и 3-й групп; Vm на 17,6 и 10,1 % соответственно. Наибольшие индексы ЦВС наблюдались у лиц с гиперкинетическим типом системной гемодинамики. Полученные результаты свидетельствуют о том, что большой диапазон значений скоростных характеристик кровотока в магистральных артериях головного мозга у здоровых лиц в покое [1, 3, 11] может быть связан и с особенностями центрального кровообращения.

В ОА различия параметров церебральной гемодинамики между группами были не столь значительны, как в СМА. Минимальные значения ЛСК в ОА выявлены у лиц с гипокинетическим и гиперкинетическим типами системной гемодинамики, максимальные – у лиц с эукинетическим типом. Наименьшие индексы ЦВС наблюдались у лиц 1-й группы, наибольшие – у лиц 3 группы.

Изучение церебральной гемодинамики в СМА и ОА во время гипервентиляционной пробы позволило выявить у всех испытуемых достоверное снижение ЛСК и повышение показателей ЦВС. На фоне Breath-Holding Test выявлено увеличение скорости кровотока при снижении цереброваскулярного сопротивления в исследуемых артериях, что соответствует литературным данным [1, 3, 8, 10, 11], однако степень изменения анализируемых показателей различалась в зависимости от типа системной гемодинамики. При ГВ и ВНТ максимальные изменения ЛСК выявлены у лиц с гиперкинетическим типом, минимальные – у лиц с гипокинетическим типом кровообращения (табл. 2).

Таблица 1

Показатели церебрального кровотока в средней мозговой и основной артериях при различных типах системной гемодинамики в условиях функционального покоя

Показатели	Тип системной гемодинамики		
	Гипокинетический тип (1-я группа), n = 12	Эукинетический тип (2-я группа), n = 22	Гиперкинетический тип (3-я группа), n = 18
<i>Средняя мозговая артерия (СМА)</i>			
Vs, см/с	113,9 (85,2–136,1)	98,2* (87,7–104,3)	108,2** (83,2–128,7)
Vd, см/с	56,8 (52,1–62,8)	47,4* (39,4–51,6)	49,7*** (36,1–54,4)
Vm, см/с	75,4 (65,1–87,2)	64,1* (55,5–69,2)	68,5*** (51,8–82,8)
PI	0,76 (0,69–0,82)	0,80 (0,71–0,87)	0,85*** (0,73–0,90)
RI	0,50 (0,43–0,53)	0,52 (0,47–0,55)	0,54*** (0,48–0,57)
<i>Основная артерия (ОА)</i>			
Vs, см/с	70,1 (65,1–79,2)	77,5* (69,8–83,2)	69,6** (55,7–92,8)
Vd, см/с	34,5 (25,5–37,7)	37,4 (31,3–42,1)	33,2** (25,8–41,7)
Vm, см/с	46,6 (36,9–51,5)	51,2* (46,7–55,8)	45,4** (35,2–58,7)
PI	0,77 (0,73–0,99)	0,78 (0,71–0,87)	0,81 (0,67–0,88)
RI	0,51 (0,49–0,60)	0,52 (0,5–0,55)	0,53 (0,46–0,58)

Примечание. Данные представлены в виде медианы – Ме / p25-p75; * – p<0,05 между 1-й и 2-й группами; ** – p<0,05

между 2-й и 3-й группами; *** – $p < 0,05$ между 1-й и 3-й группами по критерию Крускала-Уолиса.

Таблица 2

Выраженность (%) и направленность изменений параметров мозгового кровотока (СМА и ОА) при дыхательных пробах у лиц с разными типами системной гемодинамики

Показатели	Группы	ПШ				ВНТ		ГВ	
		СМА		ОА		СМА	ОА	СМА	ОА
		1 фаза	2 фаза	1 фаза	2 фаза				
Vs	1	–	↑12,6	–	↑12,1	↑14,5	↑12,3	↓13,4	↓14,1
	2	↓20,7	↑12,6	↓11,1	↑25,2	↑15,8	↑12,0	↓14,2	↓25,8
	3	↓17,1	↑31,0	↓12,1	↑25,7	↑17,9	↑22,9	↓27,3	↓28,9
Vd	1	↓17,9	↑20,7	↓17,0	↑23,5	↑35,3	↑44,6	↓34,1	↓30,3
	2	↓33,7	↑40,4	↓29,8	↑42,1	↑50,3	↑51,1	↓42,0	↓37,4
	3	↓34,5	↑66,7	↓34,2	↑52,7	↑57,9	↑67,1	↓51,1	↓48,6
Vm	1	↓12,8	↑16,6	↓13,0	↑17,9	↑24,8	↑28,1	↓25,5	↓23,2
	2	↓24,4	↑30,9	↓19,6	↑33,8	↑32,6	↑31,2	↓27,9	↓33,1
	3	↓25,4	↑48,0	↓23,0	↑39,2	↑36,8	↑43,9	↓38,8	↓38,8
PI	1	↑18,9	↓9,5	↑13,5	↓14,9	↓25,3	↓36,2	↑42,7	↑31,6
	2	↑20,9	↓34,6	↑35,1	↓19,1	↓35,8	↓42,0	↑56,4	↑27,3
	3	↑30,6	↓31,8	↑38,0	↓30,4	↓37,9	↓40,0	↑54,9	↑49,4
RI	1	↑10,0	–	↑10,2	↓10,2	↓17,5	↓26,9	↑28,6	↑17,6
	2	↑15,4	↓23,1	↑19,6	↓13,7	↓26,4	↓30,8	↑28,8	↑13,5
	3	↑18,5	↓22,2	↑21,2	↓21,2	↓27,3	↓29,6	↑30,2	↑21,2

Примечание. Приведены достоверные сдвиги по критерию Уилкоксона.

Таблица 3

Коэффициенты реактивности на гипокапнические и гиперкапнические нагрузки у лиц с разными типами системной гемодинамики

Тип системной гемодинамики	Гипокапническая нагрузка (ГВ)		Гиперкапническая нагрузка (ВНТ)		Проба Штанге			
	СМА	ОА	СМА	ОА	1-я фаза (гипокапническая)		2-я фаза (гиперкапническая)	
					СМА	ОА	СМА	ОА
Гипокинетический	$Kp^- = 1,34$ (1,25–1,37)	$Kp^- = 1,30$ (1,27–1,36)	$Kp^+ = 1,25$ (1,19–1,31)	$Kp^+ = 1,28$ (1,18–1,32)	$Kp^-_{пш} = 1,15$ (1,09–1,21)	$Kp^-_{пш} = 1,15$ (1,08–1,20)	$Kp^+_{пш} = 1,17$ (1,15–1,26)	$Kp^+_{пш} = 1,18$ (1,15–1,28)
Эукинетический	$Kp^- = 1,39$ (1,31–1,45)	$Kp^- = 1,49$ (1,35–1,55)	$Kp^+ = 1,33$ (1,32–1,35)	$Kp^+ = 1,31$ (1,28–1,37)	$Kp^-_{пш} = 1,32$ (1,25–1,39)	$Kp^-_{пш} = 1,24$ (1,21–1,38)	$Kp^+_{пш} = 1,31$ (1,27–1,38)	$Kp^+_{пш} = 1,34$ (1,29–1,40)
Гиперкинетический	$Kp^- = 1,63$ (1,39–2,03)	$Kp^- = 1,67$ (1,45–1,87)	$Kp^+ = 1,39$ (1,36–1,49)	$Kp^+ = 1,44$ (1,38–1,53)	$Kp^-_{пш} = 1,34$ (1,29–1,47)	$Kp^-_{пш} = 1,30$ (1,25–1,46)	$Kp^+_{пш} = 1,48$ (1,36–1,67)	$Kp^+_{пш} = 1,39$ (1,33–1,54)

В среднем коэффициенты реактивности на гипокапническую нагрузку (ГВ) составили $Kp^- = 1,45$ (от 1,25 до 2,03) для СМА и $Kp^- = 1,49$ (от 1,27 до 1,87) для ОА, на гиперкапническую нагрузку (ВНТ): $Kp^+ = 1,31$ (от 1,19 до 1,49) для СМА и $Kp^+ = 1,34$ (от 1,18 до 1,53) для ОА, характеризовались большим разбросом значений и соответствовало литературным данным [1, 7, 8, 9, 11].

Анализ Kp в СМА и ОА в каждой группе позволил выявить наименьшие их значения у лиц с гипокинетическим типом, наибольшие – у лиц с гиперкинетическим типом системной гемодинамики. У лиц 2-й группы коэффициенты реактивности имели промежуточные значения между 1-й и 3-й группами, которые представлены в табл. 3.

При изучении направленности реакций це-

ребральной гемодинамики при проведении пробы Штанге были выявлены 2 фазы изменения ЛСК: 1-я фаза характеризовалась снижением скорости кровотока и повышением индексов ЦВС, которые наблюдались на фоне глубокого максимального вдоха; 2-я фаза заключалась в противоположно направленных сдвигах – повышении ЛСК, снижении ЦВС на фоне задержки дыхания. При анализе степени изменения скоростных характеристик и индексов ЦВС в СМА и ОА при ПШ, выявлены максимальные изменения этих показателей у лиц с гиперкинетическим, минимальные – с гипокинетическим типами системной гемодинамики.

При сравнении характера изменений церебральной гемодинамики при ГВ и 1-й фазе ПШ,

(24)

а так же во 2-й фазе ПШ и при ВНТ выявлена идентичная направленность реакций и Кр. Поэтому ПШ может рассматриваться как универсальная нагрузка для количественной оценки резервно-адаптивных возможностей мозгового кровообращения на гипо- и гиперкапнические стимулы.

Таким образом, хотя при неизменной центральной гемодинамике и сохранной ауторегуляции мозгового кровотока доплерографические показатели независимы от среднего артериального давления [1, 2], на их характеристики может оказывать влияние величина сердечного выброса, что и является, по-видимому, одной из причин вариабельности количественных характеристик мозгового кровотока по данным транскраниальной доплерографии у здоровых людей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Состояние артериального мозгового кровотока у здоровых людей детерминировано типом системной гемодинамики: при гипокинетическом типе в СМА выявляются максимально нормальные скоростные характеристики и минимально нормальные индексы ЦВС; при гиперкинетическом типе системной гемодинамики – максимально нормальные ЛСК и максимально нормальные индексы ЦВС. В вертебро-базиллярном бассейне (ОА) минимальные ЛСК регистрируются при гипо- и гиперкинетическом, максимальные – при эукинетическом типах системной гемодинамики, а показатели ЦВС прогрессивно возрастают от гипо- к гиперкинетическому типу.

При гипокинетическом типе системной гемодинамики наблюдаются наименьшие реакции церебрального кровотока в каротидном и вертебро-базиллярном бассейнах на гипер- и гипокапнические нагрузки с наименьшими значениями Кр. Максимально выраженные реактивные сдвиги церебральной гемодинамики наблюдаются при гиперкинетическом типе системной гемодинамики в СМА и ОА с максимальными значениями Кр на гипер- и гипокапнические нагрузки.

Выявленные реактивные сдвиги мозгового кровотока позволяют рассматривать пробу Штан-

ге как универсальную гипокапническую (1-я фаза ПШ на фоне глубокого вдоха) и гиперкапническую (2-я фаза ПШ на фоне задержки дыхания) нагрузки с расчетом коэффициентов реактивности ($K_{пш}^+$ и $K_{пш}$) во время одной пробы. Различия Кр на ВНТ, ПШ и ГВ в каротидном (СМА) и вертебро-базиллярном (ОА) бассейнах в зависимости от типов системной гемодинамики позволяют индивидуализировать оценку адаптивных возможностей сосудистой системы головного мозга. Поэтому, при изучении характера артериального мозгового кровотока как в покое, так и при функциональных пробах целесообразно учитывать исходный тип системной гемодинамики, а коэффициенты реактивности мозговых сосудов на гипер- и гипокапнические нагрузки в клинических условиях следует интерпретировать в зависимости от типа системной гемодинамики исследуемого.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лелюк В. Г., Лелюк С. Э. Церебральное кровообращение и артериальное давление. – М.: Реальное Время, 2004. – 304 с.
2. Москаленко Ю. Е. // Наука в России. – 1992. – № 5/6. – С. 57–59.
3. Никитин Ю. М. Ультразвуковая доплеровская диагностика в клинике / Под ред. Ю. М. Никитина, А. И. Труханова. – Иваново: Изд-во МИК, 2004. – 496 с.
4. Судаков К. В. Физиология. Основы и функциональные системы. – М.: Медицина, 2000. – 654 с.
5. Хананашвили Я. А. Основы организации кровоснабжения органов. – Ростов-н/Д, 2001. – 160 с.
6. Шхвацабая И. К., Константинов Е. Н., Гундаров И. А. // Кардиология. – 1981. – № 3. – С. 10–13.
7. Jimenez-Caballer P. E., Segura T. // Rev. Neurol. – 2006. – Vol. 43, № 10. – P. 598–602.
8. Markus H. S., Harrison M. J. G. // Stroke. – 1992. – Vol. 23, № 5. – P. 668–673.
9. Nardi A. E., Valenka A. M., Mezzasalma M. A., et al. // Psychiatry Res. – 2006. – Vol. 142, № 2–3. – P. 201–209.
10. Park C. W., Sturzenegger M., Douville C. M., et al. // Stroke. – 2003. – Vol. 34, № 1. – P. 34–43.
11. Volians'kyi O. M. // Fiziol. Zh. – 2004. – Vol. 50, № 6. – P. 101–107.