

УДК 616.831+616.13:613.98

Структура корреляционных связей между метаболизмом мозга и показателями церебральной гемодинамики в каротидном бассейне у лиц разного возраста

З. Рожкова*, В. Кузнецов**, Л. Корсунская***

Клинико-диагностический центр «Здоровье пожилого человека», Киев, **Институт геронтологии АМН Украины, Киев, *Крымский государственный медицинский университет им. С.И. Георгиевского, Симферополь*

Ключевые слова: головной мозг, метаболизм, каротидный кровоток, пожилой возраст

Вопросы изучения возрастных патогенетических механизмов формирования цереброваскулярной патологии являются одним из актуальных аспектов современной неврологии. Это связано, в первую очередь с тем, что патология сосудов мозга, пожалуй, как никакая другая, напрямую связана с возрастом. Увеличивающееся количество лиц пожилого возраста в популяции и широкое распространение факторов риска, таких, как артериальная гипертензия, церебральный атеросклероз, курение, избыточный вес, гиподинамия и т.д., на ведущий план ставят вопросы разработки профилактических и те-

рапевтических подходов к церебральным инсультам, инвалидизирующим формам дисциркуляторных энцефалопатий и т.д. При разработке таких подходов важным является необходимость учитывать комплексность формирования возрастной цереброваскулярной патологии и вклад в этот процесс многих механизмов, одними и важнейшими в ряду которых являются метаболизм и гемодинамика мозга. Тема взаимоотношений мозгового кровообращения и метаболизма является актуальной для клиницистов, так как знание структуры этих взаимоотношений открывает путь к разработке новых методов коррекции гемодина-

мических и метаболических нарушений при заболеваниях мозга.

Цель работы

-определение взаимосвязей метаболизма и гемодинамики мозга и их изменений при старении. В данной работе представлены результаты анализа взаимосвязей показателей гемодинамики в каротидном бассейне, вносящем основной вклад в кровоснабжение полушарий мозга, и содержанием основных метаболитов, которые обнаруживаются в ткани мозга по данным магнитно-резонансной спектроскопии. Таковыми у здоровых лиц являются N-ацетилас-

партат, характеризующий функциональную активность нейтронов, холин, который является одним из основных нейротрансмиттеров, и креатин, обеспечивающий энергообмен и метаболическую активность клеток головного мозга [Н.К. Свиридов, Н.Л. Шимановский, П.М. Котляров, 2000; А.Е. Подопригора, И.Н. Пронин, Л.М. Фадеева, 2006; Bolinger L., Lenkinski R.E., 1992; Chamuleau R.A., Bosman O.K., Bowee W.M., Luyten P.R., den Hollander J.A., 1991; Gonen O., Hu J., Murphy J. et al., 1994; Lenkinski R.E., Schnall M.D., 1995]

Материал и методы исследования

Метаболизм мозга исследовался методом ^1H МРС. ^1H спектры *in vivo* получены на томографе 1.5 T Magnetom Vision Plus (Siemens). Ультразвуковое доплерографическое исследование мозгового кровообращения в магистральных сосудах шеи и головы (экстра- и транскраниальное сканирование) проводилось на аппарате Philips HDI 4000. В группу исследования включались только неврологически здоровые лица. Фактором исключения являлось наличие в анамнезе острого нарушения мозгового кровообращения, дисциркуляторных энцефалопатий второй-третьей стадии, функционально значимых заболеваний других органов и систем. Для анализа возрастной динамики межсистемных корреляционных связей были сформированы две группы сравнения: лица молодого возраста (до 40 лет) и пожилого возраста (старше 60 лет). Использованы сокращения: NAA - N-ацетиласпартат, Cr - креатин, Cho - холин, ОСА - общая сонная артерия, ВСА - внутренняя сонная артерия, СМА - средняя мозговая артерия, Pi - пульсаторный индекс, Ps - пиковая линейная систолическая скорость кровотока, Pv - объемная скорость кровотока, Ri - индекс

резистентности, TAMn - средняя систолическая скорость, TAMx - средняя скорость за цикл, Tic - толщина комплекса интима-медиа, D - диаметр.

Полученные результаты и их обсуждение

Сравнительный анализ структуры корреляционных связей между содержанием отдельных метаболитов в белом веществе лобной области и показателями гемодинамики в общей сонной артерии свидетельствует о том, что у лиц молодого возраста имеются статистически достоверные корреляционные связи между содержанием N-ацетиласпартата в правой и левой лобных областях и средней линейной скоростью за цикл в соответствующих общих сонных артериях (справа $r=0.74$, слева $r=0.84$) (таб. 1). Содержание N-ацетиласпартата в левой лобной области положительно коррелирует и со средней систолической скоростью в левой ОСА. Следует отметить, что содержание в левой лобной области N-ацетиласпартата и креатина коррелирует с некоторыми показателями гемодинамики как в левой, так и в правой ОСА. Так, если содержание N-ацетиласпартата в правой лобной области коррелирует только со средней скоростью за цикл в правой ОСА ($r=0.74$), то содержание N-ацетиласпартата в левой лобной области имеет корреляционные связи со средней систолической скоростью и средней скоростью за цикл как в левой ($r=0.68$; $r=0.73$), так и в правой общей сонной артерии (соответственно $r=0.82$; $r=0.84$). Кроме того, содержание N-ацетиласпартата в левой лобной области имеет корреляционные взаимосвязи с объемной скоростью ($r=0.94$) и максимальной систолической скоростью ($r=0.93$) кровотока в правой ОСА.

У лиц пожилого возраста отмечается как увеличение количе-

ства корреляционных связей между показателями метаболизма и уровнем гемодинамики в ОСА, так и изменение направленности этих связей. Так, как следует из таблицы 1, у лиц пожилого возраста содержание N-ацетиласпартата в лобной области правого полушария отрицательно коррелирует с Ps ($r=-0.94$) и Pv ($r=-0.92$) в правой ОСА, и в отличие от лиц молодого возраста, возникает отрицательная корреляция со средней систолической скоростью ($r=-0.94$) в правой ОСА. У лиц пожилого возраста формируются положительные корреляционные связи между содержанием N-ацетиласпартата в правом полушарии и такими гемодинамическими показателями в левой ОСА, как средняя систолическая скорость ($r=0.96$), средняя скорость за цикл ($r=0.95$), индекс циркуляторного сопротивления ($r=0.95$), и устанавливается отрицательная корреляционная связь с объемной скоростью ($r=-0.88$). Таким образом, с возрастом увеличивается зависимость содержания в правом полушарии N-ацетиласпартата от гемодинамических показателей, как в правой, так и в левой ОСА, в то время как у лиц молодого возраста содержание N-ацетиласпартата в правой лобной области коррелирует только с гемодинамикой в соответствующей ОСА. Следует отметить, что у лиц пожилого возраста изменяется также структура корреляционных связей. Содержание N-ацетиласпартата в левой лобной области коррелирует с гемодинамикой в правой и левой ОСА. Содержание N-ацетиласпартата в левой лобной области имеет отрицательную корреляцию с объемной скоростью ($r=-0.92$) и диаметром ($r=-0.90$) левой ОСА. Изменяется направленность корреляционных связей с положительной у молодых на отрицательную со средней систолической скоростью ($r=-0.95$) и средней скоростью за цикл ($r=-0.90$) у лиц пожилого возраста. Количество корреляционных

Корреляция содержания метаболитов в лобной области коры с артериях у лиц разного возраста

показателями гемодинамики в общих сонных

Полушарие			Гемодинамические показатели в ОСА			
			правая		левая	
			молодые	пожилые	молодые	пожилые
М е т а б о л и т ы	N-ацетиласпартат	правое	TAMx = 0.74	Ps = -0.94 Pv = -0.92 TAMn = -0.94		TAMx = 0.95 TAMn = 0.96 Pv = -0.88 Ri = 0.95
		левое	Ps = 0.93 TAMx = 0.84 TAMn = 0.82 Pv = 0.94	Ri = 0.92 TAMx = -0.85 Tic = 0.92 D=0.98	TAMx = 0.73 TAMn = 0.68	TAMx = -0.90 Pv = -0.92 TAMn = -0.95 D = -0.90
	креатин	правое	D = 0.81			D = -0.92 Pv = -0.94
		левое	D = 0.73 Ps = 0.77	Ps = -0.94 Pv = -0.90 Pi = 0.81 TAMn = -0.92	Pv = 0.81 TAMx=0.75 TAMn=0.73	Ps = 0.96 Pi = 0.90
	холин	правое		Pv = -0.95		Pv = -0.93 D = -0.90 TAMx = -0.89 TAMn = 0.91
		левое		Pi = 0.98 Ps = -0.95 TAMn = -0.96		Pi = 0.93 Tic = 0.98

связей между содержанием N-ацетиласпартата в лобной области и уровнем гемодинамики в правой ОСА с возрастом не изменяется, но происходит формирование других типов связей. Так, у пожилых содержание N-ацетиласпартата в левой лобной области положительно коррелирует с диаметром ($r=0.98$), Tic ($r=0.92$), индексом циркуляторного сопротивления ($r=0.92$) и отрицательно - со средней систолической скоростью ($r= -0.85$) в правой ОСА (таб.1). Таким образом, с возрастом увеличивается число и изменяется структура корреляционных связей между содержанием N-ацетиласпартата в правой и левой лобных областях и гемодинамикой в соответствующих бассейнах ОСА, а также выявлена кор-

реляция содержания N-ацетиласпартата в правой лобной области с гемодинамическими показателями в левой ОСА.

В лобной области правого полушария содержание креатина коррелирует только с диаметром правой общей сонной артерии ($r=0.81$) (таб. 1). Таким образом, у лиц молодого возраста отмечаются полушарные особенности корреляционных связей между некоторыми показателями метаболизма и гемодинамикой в ОСА. Метаболизм в лобных отделах левого полушария коррелирует с уровнем гемодинамики как в левой, так и в правой ОСА, в то время как метаболизм в правой лобной области коррелирует только с гемодинамическими показателями в правой ОСА (Табл. 1).

В табл. 1 представлена структура корреляционных связей содержания креатина в лобной области с гемодинамикой в ОСА у лиц молодого и пожилого возраста. Как следует из представленных данных, имеются возрастные особенности этих связей. Так, если у лиц молодого возраста содержание креатина в правой лобной области положительно коррелирует только с диаметром правой ОСА ($r=0.81$), а содержание креатина в левой лобной области имеет положительные корреляционные связи с гемодинамикой в правой (диаметром ($r=0.73$), Ps ($r=0.77$)) и в левой (Pv ($r=0.81$), TAMx ($r=0.75$), TAMn ($r=0.73$)) ОСА, то у лиц пожилого возраста формируются отрицательные корреляционные связи

Корреляция содержания метаболитов в лобной области коры с показателями гемодинамики во внутренней сонной артерии у лиц разного возраста

Полушарие			Гемодинамические показатели в ВСА			
			правая		левая	
			молодые	пожилые	молодые	пожилые
М е т а б о л и т ы	N-ацетиласпартат	правое				Ps = 0.90 D = 0.96
		левое		Pv = -0.96 Ri = 0.98 Pi = 0.90 D = 0.95 TAMx = -0.96	PS = 0.77	Pv = -0.94 TAMx = -0.96 TAMn = -0.97
	креатин	правое		Ps = 0.95		Ps = 0.92
		левое				Ri = 0.97 D = -0.90
	холин	правое				Ps = 0.91 D = -0.90
		левое		Ri = 0.90 Pi = 0.92		Pv = -0.94 Ri = 0.90 Pi = 0.91 Ps = 0.91

между содержанием креатина в правом полушарии и гемодинамикой в левой ОСА (D ($r = -0.92$), Pv ($r = -0.94$)) и увеличивается количество корреляций между содержанием креатина в левой лобной области и гемодинамикой в правой ОСА (TAMn ($r = -0.92$), Ps ($r = -0.94$), Pv ($r = -0.90$), Pi ($r = 0.81$)). Таким образом, с возрастом формируются корреляционные связи содержания креатина в правом полушарии с гемодинамикой в левой ОСА, и увеличивается количество корреляционных связей содержания креатина в левой лобной области с гемодинамическими показателями в правой ОСА.

Двусторонняя корреляцион-

ная связь метаболитов в левой лобной области характерна и для содержания креатина. В левом полушарии уровень креатина имеет положительную корреляцию с показателями гемодинамики как в левой ОСА (с объемной скоростью кровотока ($r = 0.81$), средней систолической скоростью ($r = 0.73$), средней скоростью за цикл ($r = 0.75$)), так и с показателями гемодинамики в правой ОСА (диаметром ($r = 0.73$), максимальной систолической скоростью ($r = 0.77$)).

В таблице 1 представлены корреляционные связи между содержанием холина в лобных областях и гемодинамическими показателями в ОСА только у лиц

пожилого возраста, так как у лиц молодого возраста не выявлено статистически достоверных корреляций между уровнем холина в лобных областях и кровотоком в ОСА. Для лиц пожилого возраста характерно большее количество корреляционных связей между содержанием холина в левой лобной области и гемодинамикой в правой и левой ОСА. Так содержание холина в левой лобной области положительно коррелирует с Pi ($r = 0.98$) и отрицательно с Ps ($r = -0.95$) и TAMn ($r = -0.96$) в правой ОСА и положительно с Pi ($r = 0.93$) и Tic ($r = 0.98$) в левой ОСА. В то же время содержание холина в правом полушарии преимущественно коррелирует с гемо-

динамическими показателями в левой ОСА: Pv ($r = -0.93$), ТАМх ($r = -0.89$), ТАМп ($r = 0.91$), D ($r = -0.90$), а в правой ОСА – только с Pv ($r = -0.95$).

Таким образом, только у лиц пожилого возраста имеются корреляционные связи между содержанием холина в лобной области и гемодинамикой в ОСА. Содержание холина в правой и левой лобных областях имеет более выраженную корреляционную связь с гемодинамикой в контралатеральной ОСА. С возрастом формируются корреляционные связи между содержанием холина в правой лобной области и гемодинамическими показателями в левой ОСА, и увеличивается количество корреляционных связей между содержанием холина в левой лобной области и гемодинамикой в правой ОСА.

Следует подчеркнуть, что у лиц молодого возраста корреляция между содержанием N-ацетиласпартата и холина и гемодинамикой в ОСА положительна, а у лиц пожилого возраста наряду с положительными (для N-ацетиласпартата – 6, для креатина – 4) имеются и отрицательные корреляции (для N-ацетиласпартата – 2, для креатина – 4). Для лиц пожилого возраста характерно наличие трех положительных и семи отрицательных корреляционных связей между содержанием холина в лобной области и гемодинамикой в ОСА.

Особое внимание в оценке взаимоотношений метаболизма мозга и церебрального кровотока отводится анализу корреляционных связей между содержанием отдельных метаболитов мозга (N-ацетиласпартат, креатин, холин) и показателями гемодинамики во внутренней сонной артерии.

В табл. 2 представлена характеристика корреляционных связей между содержанием N-ацетиласпартата и основными показателями состояния кровообращения в ВСА. Согласно представленным данным, у лиц молодого возраста

имеется статистически достоверная корреляция между уровнем N-ацетиласпартата в левой лобной области и Ps в левой ВСА ($r = 0.77$). У лиц пожилого возраста отмечается значительное количество корреляций между содержанием N-ацетиласпартата и гемодинамическими характеристиками ВСА. Содержание N-ацетиласпартата в левой лобной области имеет корреляции как с гемодинамикой в соответствующей ВСА, так и в противоположной ВСА, а содержание N-ацетиласпартата в правой лобной области коррелирует только с гемодинамикой в левой ВСА. Так, содержание N-ацетиласпартата в левой лобной области отрицательно коррелирует со средней систолической и объемной скоростями в левой и правой (соответственно $r = -0.96$; $r = -0.94$; $r = -0.96$; $r = -0.96$) ВСА. Содержание N-ацетиласпартата в левой лобной области положительно коррелирует с диаметром правой ВСА ($r = 0.95$), а содержание N-ацетиласпартата в правой лобной области – с диаметром левой ВСА ($r = 0.96$) и с Ps ($r = 0.90$) (таб. 2). Итак, с возрастом нарастает корреляция между метаболизмом N-ацетиласпартата и гемодинамикой в ВСА, и особенно в левой лобной области, так как содержание N-ацетиласпартата коррелирует с гемодинамикой как в левой, так и в правой ВСА.

Результаты исследования корреляционных связей содержания креатина с показателями гемодинамики в ВСА у лиц двух возрастных групп свидетельствуют о том, что у лиц молодого возраста отсутствуют статистически достоверные корреляции между содержанием креатина и гемодинамикой в ВСА, у лиц пожилого возраста содержание креатина в правой лобной области положительно коррелирует с гемодинамическими показателями в правой ВСА: Ps ($r = 0.95$) и левой: Ps ($r = 0.92$), в то время как содержание креатина в левой лобной области коррелирует

только с гемодинамическими показателями в левой ВСА: D ($r = -0.90$); Ri ($r = 0.97$) (таб. 2). Таким образом, у лиц пожилого возраста содержание креатина в правой лобной области имеет корреляционную зависимость от некоторых показателей кровотока как в правой, так и в левой ВСА, а содержание креатина в левой лобной области коррелирует с показателями гемодинамики только в соответствующей ВСА.

Возрастные особенности характерны и для корреляционных связей холина в лобной области с гемодинамикой в ВСА (таб. 2). Так, у лиц молодого возраста нет статистически достоверных корреляционных связей между уровнем холина и гемодинамическими показателями в ВСА. У лиц пожилого возраста содержание холина в правой лобной области статистически достоверно отрицательно коррелирует только с диаметром ($r = -0.90$) и положительно с Ps ($r = 0.91$) левой ВСА. Содержание холина в левой лобной области имеет достоверную корреляцию с показателями гемодинамики как в левой (Pi ($r = 0.91$), Ps ($r = 0.91$), Pv ($r = 0.94$), Ri ($r = 0.90$)), так и правой (Ri ($r = 0.90$), Pi ($r = 0.92$)) ВСА.

Итак, на содержание холина в левой лобной области у лиц пожилого возраста влияют гемодинамические сдвиги как в правой, так и в левой ВСА, а в правой лобной области – только параметры гемодинамики в соответствующей ВСА. Следует отметить, что корреляция между показателями метаболизма в лобной области и гемодинамикой в ВСА характерна только для лиц пожилого возраста, однако количество этих корреляций меньше, чем между метаболизмом в лобной области и уровнем кровообращения в ОСА.

Таким образом, содержание N-ацетиласпартата в левой лобной области имеет корреляционные связи с показателями гемодинамики как в правой, так и в левой ВСА, содержание NAA в

Корреляция содержания метаболитов в затылочной доле коры с показателями гемодинамики в общих сонных артериях у лиц разного возраста

Полушарие			Гемодинамические показатели в ОСА			
			правая		левая	
			молодые	пожилые	молодые	пожилые
М е т а б о л и т ы	N-ацетиласпартат	правое	TAMx = 0.74	Ps = -0.96 Pv = -0.91 TAMn = -0.94		TAMx = 0.95 TAMn = 0.96 Pv = 0.88 Ri = 0.95
		левое	Ps = 0.93 TAMx = 0.84 TAMn = 0.82 Pv = 0.94	Ri = 0.95 TAMx = -0.92 Tic = 0.92	TAMx = 0.73 TAMn = 0.68	TAMx = -0.90 Pv = -0.95 TAMn = -0.91
	Креатин	правое	D = 0.81			D = -0.92 Pv = -0.94
		левое	D = 0.73 Ps = 0.77	Ps = -0.94 Pv = -0.90 Pi = 0.81 TAMn = -0.92	Pv = 0.81	Ps = 0.96 Pi = 0.90
	Холин	правое		Pv = -0.95		Pv = -0.93 D = -0.90 TAMx = 0.89 TAMn = -0.94
		левое		Pi = 0.98 Ps = -0.95 TAMn = -0.96		Pi = 0.95 Tic = 0.93

правой лобной области — только с гемодинамикой в левой ВСА. Содержание креатина в правом и левом полушарии коррелирует с гемодинамикой в левой ВСА, а с гемодинамикой в правой ВСА имеет корреляционные связи только содержание креатина в правом полушарии. Что касается содержания холина, то отмечено наличие корреляционных связей между содержанием холина в левой лобной области и показателями гемодинамики в левой и правой ВСА, а показатели гемодинамики в правой ВСА коррелируют с содержанием холина только в правой лобной области (Табл. 2).

Анализ взаимоотношений отдельных показателей метаболизма в затылочной зоне коры головного мозга с уровнем кровообращения в общей сонной артерии показал наличие как возрастных так и полушарных особенностей этих взаимоотношений (Табл. 3).

Как следует из таблицы 3, у лиц молодого возраста содержание NAA в левой затылочной области положительно коррелирует с показателями гемодинамики как в правой (Ps (r=0.93), TAMx (r=0.84), TAMn (r=0.82), Pv (r=0.94)), так и в левой (TAMx (r=0.73), TAMn (r=0.68)) ОСА. Содержание NAA в правой заты-

лочной области имеет только одну корреляционную связь с TAMx (r=0.74). У лиц пожилого возраста содержание NAA в правой и левой затылочных областях имеет корреляционные связи с уровнем гемодинамики как в соответствующей ОСА, так и в противоположной. Так, содержание NAA в правой затылочной области отрицательно коррелирует с Ps (r=-0.96), Pv (r=-0.91) и TAMn (K=-0.94) в правой ОСА и положительно — с TAMx (r=0.95), TAMn (r=0.96), Pv (r=0.88), Ri (K=0.95) в левой ОСА. Содержание NAA в левой затылочной области также имеет двухсторонние

корреляционные связи с гемодинамикой в ОСА: R_i ($r=0.95$), $TAMx$ ($r=-0.92$), Tic ($K=0.92$) в правой ОСА; и $TAMx$ ($r=-0.90$), Pv ($r=-0.95$), $TAMn$ ($r=-0.91$) в левой ОСА. Таким образом, у лиц молодого возраста только содержание NAA в левой затылочной области имеет корреляционные связи с гемодинамикой в правой и левой ОСА. У лиц пожилого возраста формируются также корреляционные связи между содержанием NAA в правом полушарии с гемодинамикой в правой и левой ОСА.

Как следует из таблицы 3, у лиц молодого возраста только содержание креатина в затылочной области левого полушария положительно коррелирует с диаметром ($K=0.73$) и максимальной систолической скоростью ($r=0.77$) в правой общей сонной артерии. Содержание креатина в левой затылочной области — с Pv в левой ОСА ($r=0.81$). У лиц пожилого возраста содержание креатина в левой затылочной области имеет многочисленные корреляционные связи с Ps ($r=-0.94$), Pv ($r=-0.90$), Pi ($r=0.81$), $TAMn$ ($r=-0.92$) в правой ОСА и Ps ($r=0.96$), Pi ($r=0.90$) в левой ОСА. Содержание креатина в правой затылочной области — с гемодинамикой в в левой ОСА: D ($r=-0.92$), Pv ($r=-0.94$). У лиц молодого возраста не выявлено корреляционных связей между содержанием холина и гемодинамикой в ОСА. У лиц пожилого возраста содержание холина в правой затылочной области имеет корреляционные связи с Pv в правой ($r=-0.95$) и левой ($r=-0.93$) ОСА, с D ($r=-0.90$), $TAMx$ ($r=0.89$), $TAMn$ ($r=-0.94$) в левой ОСА. Содержание холина в левой затылочной области положительно коррелирует с гемодинамикой в левой (с Pi ($r=0.95$) и Tic ($r=0.93$)) и в правой (с Pi ($r=0.98$), Ps ($K=-0.95$), $TAMn$ ($r=-0.96$)) ОСА.

В таблице 4 дана характеристика показателей корреляцион-

ных связей между содержанием отдельных метаболитов в затылочной зоне коры головного мозга и уровнем кровообращения во внутренней сонной артерии у лиц пожилого и молодого возраста. Обращает внимание тот факт, что у лиц молодого возраста наблюдается полушарность содержания NAA в правой затылочной зоне, коррелирующая с индексом циркуляторного сопротивления R_i ($r=0.55$) в правой внутренней сонной артерии, а содержание креатина в левом полушарии — с показателем средней систолической скорости $TAMn$ ($r=0.57$) в левой внутренней сонной артерии. У лиц пожилого возраста увеличивается количество корреляционных связей между показателями метаболизма в правой и левой затылочных зонах коры с уровнем кровотока преимущественно в правой внутренней сонной артерии (Табл. 4).

Так содержание N-ацетиласпартата в правой затылочной области коры положительно коррелирует с максимальной систолической скоростью ($K=0.92$, $K=0.96$ соответственно), средней скоростью за цикл ($r=0.97$) и средней систолической скоростью ($r=0.93$, $r=0.90$ соответственно) как в правой, так и в левой внутренних сонных артериях. Содержание креатина в левой затылочной области отрицательно коррелирует с R_i ($r=-0.95$) в правой внутренней сонной артерии, а содержание креатина в правой затылочной области отрицательно коррелирует с индексом пульсации Pi ($r=-0.93$) в правой ВСА (таб. 6.5). Таким образом, у лиц пожилого возраста по сравнению с молодыми увеличивается взаимосвязь между отдельными показателями метаболизма и уровнем кровотока в общей и внутренней сонных артериях. Наиболее выражено увеличение этой корреляции между кровотоком во внутренней сонной артерии и показателями метаболизма в затылочной области. Иными словами, уровень кре-

атина в затылочной области правого и левого полушарий зависит от кровообращения в соответствующих сонных артериях. У лиц пожилого возраста увеличивается количество показателей метаболизма в правой и левой затылочных областях, которые связаны с состоянием гемодинамики в сонных артериях. Следует особо подчеркнуть, что у лиц пожилого возраста метаболизм в правом полушарии коррелирует с гемодинамикой как в правой, так и в левой внутренних сонных артериях, в то время, как показатели метаболизма в левой затылочной области имеют корреляционные связи с гемодинамикой только в правой внутренней сонной артерии. Полушарные особенности корреляционных связей у лиц пожилого возраста необходимо учитывать при анализе церебрального кровотока не только как возрастные изменения, но и при изучении церебрального кровотока у лиц пожилого возраста с различными формами церебральной сосудистой и метаболической патологии.

Принимая во внимание значительный удельный вес нарушений кровообращения в средней мозговой артерии в патогенезе инсульта, был проведен корреляционный анализ между содержанием метаболитов в затылочной области головного мозга и гемодинамическими показателями в средней мозговой артерии у лиц двух возрастных групп (таб.5).

Установлено, что у лиц молодого возраста отсутствуют статистически достоверные корреляционные связи между метаболизмом в затылочной области и гемодинамикой в СМА. У лиц пожилого возраста констатируется жесткая корреляционная связь гемодинамики с содержанием N-ацетиласпартата, креатина и холина. У лиц пожилого возраста содержание N-ацетиласпартата в правой и левой затылочных областях положительно коррелирует со средней скоростью за цикл в правой СМА (соответственно $r=0.93$; $r=0.92$)

Корреляция содержания метаболитов в затылочной доле коры с показателями гемодинамики во внутренних сонных артериях у лиц разного возраста

Полушарие		Гемодинамические показатели в ВСА			
		правая		левая	
		молодые	пожилые	молодые	пожилые
Метаболиты	N-ацетиласпартат	правое	Ri = 0.55	Ps = 0.92 TAMx = 0.97 TAMn = 0.93	Ps = 0.96 Pi = -0.93 TAMx = 0.97 TAMn = 0.90
		левое		Ri = -0.95 Pi = -0.92	
	Креатин	правое		Pi = -0.97	
		левое		Ri = -0.89	TAMn = 0.57
	Холин	правое			
		левое			

и кроме того содержание N-ацетиласпартата в левой затылочной области — с Ps в правой СМА ($K=0.90$). Содержание холина в затылочной области правого и левого полушарий имеет положительную корреляцию с гемодинамикой в соответствующей СМА (справа с Ps ($r=0.93$); TAMx ($r=0.89$) и слева — с Ps ($r=0.95$)). Содержание креатина имеет перекрестную корреляцию с гемодинамическими показателями в СМА. Так, содержание креатина в правой затылочной области положительно коррелирует с Ps в левой СМА ($K=0.85$), содержание его в левой затылочной области — со средней систолической скоростью в правой СМА ($r=0.91$).

Таким образом, у лиц пожилого возраста формируются положительные корреляционные свя-

зи между содержанием метаболитов в затылочной области головного мозга и гемодинамикой в СМА. Эти корреляции имеют особенности, связанные с типом метаболизма.

Выводы

1. У лиц пожилого возраста возникают более жесткие взаимосвязи между содержанием N-ацетиласпартата в лобных областях и уровнем кровотока в ипсилатеральных общих сонных артериях. У молодых имеются корреляции только с линейными показателями скорости кровотока, у пожилых — как с линейными, так и с объемными показателями. Кроме того, у пожилых имеются жесткие корреляционные связи между содержанием N-ацетиласпартата в

лобных областях и гемодинамикой в гетеролатеральных каротидах. У молодых более выражена взаимосвязь уровня N-ацетиласпартата в левой лобной области и уровня кровотока в правой ОСА, у лиц пожилого возраста содержание N-ацетиласпартата как в левой, так и в правой лобной области коррелирует с гемодинамикой в ОСА. Такой тип корреляций у пожилых и можно рассматривать как формирование более зависимых взаимоотношений между метаболизмом N-ацетиласпартата и гемодинамикой в ОСА.

2. У лиц молодой группы содержание креатина в левой лобной области положительно взаимосвязано с гемодинамикой как в левой, так и в правой ОСА. В то же время содержание креатина в правой лобной области имеет по-

Корреляция содержания метаболитов в затылочной области коры с показателями гемодинамики в средней мозговой артерии у лиц разного возраста

			Гемодинамические показатели в СМА			
			правая		левая	
			молодые	пожилые	молодые	пожилые
Метаболиты	N-ацетиласпартат	правое		TAMx = 0.93		
		левое		Ps = 0.90 TAMx = 0.92		
	Креатин	правое				Ps = 0.85
		левое		TAMx = 0.91		
	Холин	правое		Ps = 0.93 TAMx = 0.89		
		левое				Ps = 0.95

ложительную корреляцию только с диаметром правой ОСА. У лиц пожилого возраста содержание креатина в левой лобной области, как и у молодых, имеет положительную корреляционную связь с гемодинамикой в правой ОСА. Кроме того, у лиц пожилого возраста формируются новые отрицательные корреляционные связи между содержанием креатина в правой лобной области и гемодинамикой в левой ОСА, что свидетельствует о качественной перестройке рассматриваемых взаимоотношений.

3. Корреляционная связь между содержанием холина в лобной области и гемодинамикой в ОСА имеется только у лиц пожилого возраста и характеризуется отрицательной корреляцией между содержанием холина и гемодинамикой в гетеролатеральной ОСА, а также наличием положительной корреляции между содержанием холина в левой лобной области и гемодинамикой в левой ОСА и отрицательной корреляции

содержания холина в правой лобной области с гемодинамикой в правой ОСА

4. У лиц пожилого возраста содержание NAA в левой лобной области имеет многочисленные корреляционные связи с гемодинамическими показателями как в правой, так и в левой ВСА; а содержание NAA в правой лобной области коррелирует только с отдельными показателями гемодинамики в левой ВСА.

5. Структура корреляционных связей между содержанием креатина и холина в лобной области и гемодинамикой в ВСА имеет также выраженные возрастные особенности. У лиц молодого возраста практически отсутствуют статистически достоверные взаимосвязи. У лиц пожилого возраста содержание холина в левой лобной области имеет двухсторонние корреляции с гемодинамикой в правой и левой ВСА.

6. У лиц молодого возраста содержание NAA в правой затылочной области имеет корреляци-

онные связи с гемодинамическими показателями в правой и левой ОСА, содержание NAA в левой затылочной области имеет положительную корреляцию с гемодинамикой в левой ОСА. Для лиц пожилого возраста характерны двусторонние прямые и перекрестные корреляционные связи содержания NAA в левой и правой гемисферах с гемодинамикой в левой и правой ОСА. Содержание NAA в правой затылочной области имеет значительные корреляционные связи с гемодинамикой в правой и левой ВСА, правой СМА. Корреляция содержания NAA в левой гемисфере положительно коррелирует с гемодинамикой в правой ВСА и СМА.

7. Содержание креатина в правой и левой затылочных областях у молодых лиц имеет положительную корреляцию с гемодинамическими показателями в правой ОСА, кроме того, содержание Cr в левой затылочной области коррелирует с гемодинамикой в левой ОСА и ВСА. Содержание Cr

у лиц пожилого возраста коррелирует с гемодинамическими показателями как в экстракраниальных, так и в интракраниальных сосудах. Содержание Сг в левом полушарии коррелирует с гемодинамикой в левой и правой ОСА, правой ВСА, правой СМА. Содержание Сг в правом полушарии имеет корреляционные связи с гемодинамикой в левой ОСА и СМА, правой ВСА. У лиц пожилого возраста имеются корреляционные связи содержания Cho с гемодинамикой в ОСА, СМА, но наиболее выражена корреляция содержания Cho с гемодинамикой в ОСА. Так, содержание Cho в правой и левой затылочных областях коррелирует с гемодинамикой как в ипсилатеральной, так и в гетеролатеральной ОСА. Содержание Cho в правом и левом полушариях коррелирует с гемодинамикой в соответствующих СМА.

8. У лиц молодого возраста не установлено статистически достоверных корреляций содержания NAA и гемодинамики в ВСА. У лиц пожилого возраста содержание NAA в правой затылочной области имеет несколько большее количество корреляций с гемодинамикой в ВСА, чем в левой затылочной области. Содержание NAA в затылочной области справа зависит от показателей линейной скорости кровотока в обеих ВСА, в то время как корреляционные связи между содержанием NAA в левой затылочной области и скоростными показателями гемодинамики в ВСА отсутствуют. Содержание NAA в обеих затылочных областях отрицательно коррелирует с индексами Ri и Pi в гетеролатеральных ВСА (увеличение этих индексов свидетельствует о повышении сосудистого сопротивления выше места локации сосуда). Таким образом уровень кровотока в обеих ВСА влияет на содержание NAA только в правой затылочной области, а показатели тонуса сосудов коррелируют с содержанием NAA в затылочных областях обеих полушарий.

9. У лиц молодого возраста не выявлено статистически достоверных корреляций между показателями метаболизма в затылочной области и гемодинамикой в СМА. У лиц пожилого возраста содержание NAA в правой и левой затылочных областях коррелирует с гемодинамикой в правой СМА, содержание Сг имеет перекрестные корреляционные связи с гемодинамикой в бассейне СМА, и содержание Cho в правой и левой затылочных областях коррелирует с гемодинамикой в соответствующих СМА.

10. Анализ корреляционных связей между содержанием основных метаболитов в головном мозге по данным магнитно-резонансной спектроскопии и гемодинамическими показателями в магистральных артериях головы у лиц молодого и пожилого возраста свидетельствует о компенсаторной и качественной перестройке структуры и усилении этих взаимосвязей с возрастом. При старении усиливаются старые и формируются новые корреляционные связи между содержанием метаболитов в белом и сером веществе головного мозга и гемодинамикой в экстра- и интракраниальных сосудах. Наиболее выраженные возрастные особенности корреляционных связей характерны для содержания NAA в лобной и затылочной областях и гемодинамики в ВСА, СМА, содержания Сг и гемодинамики в ВСА, содержания Cho и гемодинамических показателей в ОСА. Более тесная корреляция между показателями деятельности различных функциональных структур головного мозга в пожилом возрасте может рассматриваться как один из патогенетических факторов развития возраст-зависимой патологии, а учитывая тесную взаимосвязь возраста и цереброваскулярных болезней, а также вовлечение в процесс перестройки межсистемных связей показателей кровоснабжения головного мозга — как патогенетический фактор разви-

тия возрастной сосудистой патологии мозга.

11. Полученные данные о более выраженной корреляции между показателями деятельности различных функциональных структур головного мозга в пожилом возрасте обуславливают применение многовекторного подхода при разработке методов профилактики цереброваскулярных болезней у лиц пожилого возраста, включающего воздействие на различные функциональные системы мозга.

Литература

1. А. Е. Подопригора, И. Н. Пронин, Л. М. Фадеева «Протонная магнитно-резонансная спектроскопия в диагностике опухолевых и неопухолевых поражений головного мозга» // *Официальный сайт НИИ нейрохирургии им. акад. Н. Н. Бурденко РАМН, Москва, 2006.*
2. Н. К. Свиридов, Н. Л. Шимановский, П. М. Котляров. *Магнитно-резонансная спектроскопия и ее роль в диагностике* // *Медицинская визуализация, 2000, № 1, с. 41-43.*
3. Bolinger L., Lenkinski R.E. *Localization in clinical MR spectroscopy, in: Biological magnetic resonance /Eds. Berliner L.J., Reuben J. // NY Plenum, — 1992. — 2. — P. 1-53.*
4. Chamuleau R.A., Bosman O.K., Bowee W.M., Luyten P.R., den Hollander J.A. *What the clinician can learn from MR glutamine/glutamate assays. // NMR in Biomedicine. — 1991. — 4. — P. 103-108.*
5. Gonen O., Hu J., Murphy J. et al. *Dual interleaved IH and 3IP in vivo chemical shift imaging of human brain. // Magn. Reson. Med. — 1994. — 32. — P. 104-108.*
6. Lenkinski R.E., Schnall M.D. *MR spectroscopy and the biochemical basis for neurological disease. In: Atlas SW, ed. Magnetic resonance of the CNS. // NY: Raven. — 1995. — P. 1619-1653.*

Вікова характеристика взаємовідношень метаболізму та показників кровообігу в каротидно му басейні у осіб різного віку

З. Рожкова, В. Кузнецов, Л. Корсунська

Аналізуються власні дані про вікові зміни кореляційних зв'язків метаболізму та кровопостачання головного мозку у каротидному басейні. Надані докази зміцнення взаємовідношень метаболізму та показників каротидного кровообігу головного мозку з віком, що може розглядатися як один з важливих факторів формування залежної від віку патології.

Ключові слова: головний мозок, метаболізм, каротидний кровообіг, взаємовідношення, похилий вік.

Brain metabolism and carotid cerebrovascular data interrelation: age-dependent characteristics

Z. Roshkova, V. Kuznetsov, I. Korsunskaya

There are analyzed the obtained data on the age-dependent characteristics of the brain metabolism and carotid cerebrovascular data (according to ultrasound dopplerography) interrelation. The authors give the proof that interrelation between brain metabolism and carotid circulation becomes stronger with years that may be considered as one of the important factors of age-dependent brain pathology forming. Key words: brain, metabolism, cerebrovascular data, interrelation, age.