

УДК 611.133.3-0.31.26-053
DOI: 10.26435/UC.V012(39).695

Ю.В. Довгялло, К.М. Вельма, Е.А. Горбачева

ГОО ВПО «Донецкий национальный медицинский университет имени М. Горького», Донецк

ВОЗРАСТНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВЕЛИЧИНЫ ФРАКТАЛЬНОГО ИНДЕКСА ПОВЕРХНОСТНОЙ АРТЕРИАЛЬНОЙ СЕТИ БОЛЬШИХ ПОЛУШАРИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЕЛИЧИНЫ ПОКАЗАТЕЛЯ НАРУЖНОГО ДИАМЕТРА ВНУТРЕННИХ СОННЫХ АРТЕРИЙ

Развитие и широкое внедрение цифровых методов прижизненной визуализации артериального русла позволяет еще на доклинической стадии оценить адекватность кровоснабжения той или иной области. Данная задача, в том числе, решается и с применением законов физики и математики для описания кровотока в сосудах, их пространственной геометрии. Такой междисциплинарный подход к вопросам морфологии сосудистой системы требует использования новых морфометрических характеристик, одной из которых является фрактальный индекс.

Данный показатель позволяет количественно оценить пространственную геометрию артериального русла, следовательно, определить адекватность кровоснабжения той или иной области тела человека, в том числе, и головного мозга, что представляется весьма перспективным для диагностики хронических нарушений мозгового кровообращения.

Существенным недостатком, сдерживающим широкое применение метода на данном этапе, является отсутствие эталона нормы показателя фрактального индекса для большинства участков артериальной системы тела человека. Решение данной проблемы – актуальная задача современной медицины [5-6, 9].

Кроме того, на величину фрактального индекса могут влиять такие факторы, как пол, возраст, диаметр магистральной артерии, участвующей в организации артериальной сети того или иного участка, что расширяет возможный спектр вариантов индивидуальной анатомической изменчивости фрактальной геометрии. Данный факт требует детального изучения величин показателя фрактального индекса в норме.

Все вышесказанное и определило **цель** настоящей работы – определить значения фрактального индекса поверхностного артериального русла (далее – ФИ ПАР) верхнелатеральной

поверхности отдельных долей больших полушарий в зависимости от величины наружного диаметра правой и левой внутренних сонных артерий (далее – ВСА) в разных возрастных группах, которые могут быть использованы в качестве эталона нормы при проведении фрактального и мультифрактального анализа пространственной структуры поверхностной артериальной сети больших полушарий.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В соответствии с целью и задачами работы были определены величина наружного диаметра мозгового отдела правой и левой ВСА после отхождения от нее основных артериальных стволов на основании мозга и фрактальный индекс поверхностного артериального русла конвексимальной поверхности правого и левого больших полушарий 54 людей в возрасте 29-69 лет, причина смерти которых не связана с сосудистой патологией. Обследуемые составили три возрастные группы: первого периода зрелого возраста – 18 человек (9 мужчин и 9 женщин), второго периода зрелого возраста – 18 человек (9 мужчин и 9 женщин), пожилого возраста – 18 человек (9 мужчин и 9 женщин).

Для определения величины наружного диаметра ВСА производилась фотосъемка основания головного мозга, в частности поперечного сечения мозгового отдела ВСА при помощи зеркального фотоаппарата Nikon 3110 с применением морфометрического маркера для дальнейших расчетов абсолютных размеров исследуемых структур. Полученные цифровые изображения обрабатывались и анализировались при помощи компьютерной программы Adobe Photoshop. С помощью экранной пиксельной

линейки SPRuler на изображении измерялся наружный диаметр мозгового отдела ВСА, рассчитывались его абсолютные величины в миллиметрах.

Расчет фрактального индекса производился методом box-counting [5, 9]. Для этого производилась фотосъемка поверхностного артериального русла конвексимальной поверхности больших полушарий при помощи зеркального фотоаппарата Nikon 3110 с применением морфометрического маркера для дальнейших расчетов абсолютных размеров исследуемой области. Полученные цифровые изображения обрабатывались и анализировались при помощи компьютерной программы AdobePhotoshop. С помощью экранной пиксельной линейки SPRuler на изображении определялись и вырезались два участка квадратной формы 4×4 см (в лобной и теменной долях) и два участка 2×2 см (в затылочной и височной долях).

На полученное изображение накладывалась морфометрическая сетка, состоящая из четырех квадратов (ячеек) со сторонами размером 1/2 стороны исследуемого участка, и подсчитывалось количество ячеек, в которых находятся фрагменты артериального русла. Далее последовательно накладывались сетки с меньшим размером стороны ячеек – в два, четыре, восемь раз по сравнению с первой. Количество ячеек каждой последующей сетки, следовательно, увеличивалось в четыре раза. Результаты подсче-

та квадратов сетки, содержащих фрагменты артериального русла, заносились в таблицу и использовались для дальнейшей статистической обработки. Подсчет элементов артериального русла проводился, начиная с третьего этапа, поскольку на первых двух этапах количество ячеек сетки и количество ячеек, содержащих элементы артериального русла, было одинаковым.

Далее рассчитывался натуральный логарифм двух чисел: числа, обратного размеру ячейки, – $\ln(1/\text{BoxSize})$, и числа, соответствующего количеству квадратов сетки, содержащих фрагменты артериального русла, – $\ln(N)$. По полученным данным с помощью компьютерной программы MicrosoftOfficeExcel строился график зависимости $\ln(N)$ от $\ln(1/\text{BoxSize})$ и составлялось уравнение линейной регрессии. Коэффициент перед переменной в уравнении линейной регрессии, определяющий угол наклона графика к оси абсцисс, и представляет собой фрактальный индекс.

Статистическая обработка полученных результатов проводилась при помощи лицензионной компьютерной программы MedStat [4]. Выбор того или иного статистического критерия определялся законом распределения частот величин.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе работы были определены параметры описательной статистики величин

Таблица 1.

Параметры описательной статистики величины показателя наружного диаметра правой и левой внутренних сонных артерий в зависимости от возрастной группы по результатам морфометрии (n=54)

Переменная	Первый период зрелого возраста	Второй период зрелого возраста	Пожилой возраст
Me	3,949; 3,981		
M		4,557; 4,49	5,062; 5,054
Ошибка медианы	0,064; 0,057		
Ошибка среднего		0,047; 0,051	0,032; 0,027
СКО		0,381; 0,375	0,255; 0,263
I квартиль	3,69; 3,71		
III квартиль	4,16; 4,21		
min	3,45; 3,53	3,51; 3,55	4,52; 4,41
max	5,33; 5,39	5,45; 5,43	5,51; 5,56
Левый ДИ (95%)	3,86; 3,88	4,459; 4,456	5,024; 4,994
Правый ДИ (95%)	4,06; 4,05	4,629; 4,628	5,113; 5,109

Примечание: Me – медиана, M – среднее, СКО – среднее квадратичное отклонение, min – минимальное значение, max – максимальное значение, n – количество исследованных ВСА с обеих сторон. Первая цифра в паре значений соответствует показателю для правой ВСА, вторая – для левой ВСА.

показателя наружного диаметра мозгового отдела правой и левой ВСА в разных возрастных группах. Медиана значений показателя наружного диаметра ВСА у лиц первого периода зрелого возраста составила $3,949 \pm 0,064$ мм справа и $3,981 \pm 0,057$ мм слева, размах показателей в данной возрастной группе составил 1,88 мм справа и 1,86 мм слева. В исследуемой группе лиц второго периода зрелого возраста среднее значение изучаемого показателя составило $4,557 \pm 0,047$ мм и $4,49 \pm 0,051$ мм справа и слева соответственно, размах составил 1,94 мм и 1,88 мм. У лиц пожилого возраста среднее значение исследуемого показателя составило $5,062 \pm 0,032$ мм для правой ВСА и $5,054 \pm 0,027$ мм для левой, размах оказался равным 0,99 мм справа и 1,15 мм слева (табл. 1).

Далее определялись параметры описательной статистики величин показателя фрактального индекса поверхностной артериальной сети конвексимальной поверхности различных долей больших полушарий. Так как все поверхности затылочной доли кровоснабжаются из системы позвоночной артерии, значения фрактального индекса поверхностной сосудистой сети данной доли не учитывались. Распределение частот величин ФИ ПАР всех исследуемых долей соответствовало нормальному закону распределения частот величин, что обусловило применение па-

раметрических показателей описательной статистики.

У лиц первого периода зрелого возраста среднее значение фрактального индекса верхнелатеральной поверхности лобной доли правого полушария составило $1,7067 \pm 0,0349$, левого – $1,776 \pm 0,01727$, такой же поверхности теменной доли – $1,751 \pm 0,0272$ справа и $1,719 \pm 0,0237$ слева, височной доли – $1,761 \pm 0,0165$ и $1,772 \pm 0,0148$ справа и слева соответственно. В группе второго периода зрелого возраста среднее значение исследуемого показателя для лобной доли правого полушария составило $1,719 \pm 0,0334$, левого – $1,782 \pm 0,01738$, теменной доли справа – $1,7449 \pm 0,0278$, слева – $1,732 \pm 0,02247$, височной доли справа – $1,758 \pm 0,0084$, слева – $1,779 \pm 0,0096$. Среди лиц пожилого возраста среднее значение показателя для лобной доли составило $1,767 \pm 0,0319$ и $1,794 \pm 0,0183$ справа и слева соответственно, для теменной доли – $1,761 \pm 0,0264$ справа и $1,746 \pm 0,0239$ слева, для височной – $1,771 \pm 0,0079$ справа и $1,781 \pm 0,0086$ слева (табл. 2.).

Интересным представлялся вопрос о наличии или отсутствии корреляционной связи между величинами наружного диаметра ВСА и фрактального индекса поверхностного артериального русла конвексимальной поверхности отдельных долей больших полушарий ипсилат-

Таблица 2.

Параметры описательной статистики показателя фрактального индекса верхнелатеральной поверхности лобной, теменной и височной долей правого и левого большого полушария в разных возрастных группах (n=54)

		Среднее	Минимум	Максимум	Ошибка среднего	Левый ДИ (95%)	Правый ДИ (95%)
Первый период зрелого возраста							
Лобная доля	правое	1,7067	1,512	1,8891	0,0349	1,6012	1,843
	левое	1,776	1,658	1,9872	0,01727	1,749	1,8151
Теменная доля	правое	1,751	1,4812	1,8412	0,0272	1,629	1,774
	левое	1,719	1,5183	1,8869	0,0237	1,662	1,759
Височная доля	правое	1,761	1,6876	1,8307	0,0165	1,752	1,786
	левое	1,772	1,715	1,8184	0,0148	1,743	1,779
Второй период зрелого возраста							
Лобная доля	правое	1,719	1,5094	1,8947	0,0334	1,62	1,839
	левое	1,782	1,6598	1,9911	0,01738	1,739	1,816
Теменная доля	правое	1,7449	1,48	1,8456	0,0278	1,632	1,776
	левое	1,732	1,5167	1,8854	0,02247	1,664	1,756
Височная доля	правое	1,758	1,6846	1,8342	0,0084	1,744	1,783
	левое	1,779	1,7087	1,8205	0,0096	1,747	1,7781
Пожилой возраст							
Лобная доля	правое	1,767	1,5082	1,8961	0,0319	1,6009	1,838
	левое	1,794	1,6589	1,9907	0,0183	1,745	1,814
Теменная доля	правое	1,761	1,4826	1,8428	0,0264	1,627	1,7767
	левое	1,746	1,5118	1,8912	0,0239	1,669	1,758
Височная доля	правое	1,771	1,6824	1,8319	0,0079	1,747	1,785
	левое	1,781	1,7068	1,8167	0,0086	1,745	1,7789

Примечания: n – количество исследованных препаратов головного мозга

теральной стороны в разных возрастных группах, а также о силе корреляционной связи между указанными показателями. Кроме того, уравнения регрессии, полученные в ходе статистической обработки, могут помочь в оценке плотности распределения элементов поверхностного артериального русла и определении адекватности артериальной геометрии у представителей разных возрастных групп.

У лиц первого периода зрелого возраста установлено наличие средней по силе положительной линейной корреляционной связи между величинами показателей правой и левой ВСА и ФИ ПАР правой и левой лобных и теменных долей соответственно: $r^*=0,458$, $p<0,01$ и $r^*=0,364$, $p<0,01$ для правой и левой лобных долей соответственно, $r^*=0,307$, $p<0,01$ и $r^*=0,393$, $p<0,01$ для правой и левой теменных долей соответственно, где r^* – непараметрический коэффициент корреляции Спирмена, p – уровень значимости, здесь и далее по тексту (табл. 3.).

Характер линейной зависимости между указанными показателями для правой лобной доли описывается уравнением регрессии: $y=0,144x+1,105$, $r^2=0,172$ (f1);

для левой лобной доли: $y=0,129x+1,181$, $r^2=0,135$ (f2).

Характер линейной зависимости между указанными показателями для правой теменной доли описывается уравнением: $y=0,094x+1,281$, $r^2=0,125$ (f3);

для левой теменной доли: $y=0,111x+1,181$, $r^2=0,157$ (f4)

В исследуемой возрастной группе коэффициенты перед переменной x в уравнениях регрессии (f1-f4) имеют соизмеримо схожие значения как в лобной, так и в теменных долях, следовательно, увеличение значения ФИ ПАР верхнелатеральной поверхности указанных долей с увеличением значения наружного диаметра ВСА

происходит с практически одинаковой скоростью справа и слева.

У лиц второго периода зрелого возраста обнаружена слабая положительная линейная корреляционная связь между величинами показателей наружного диаметра правой и левой ВСА и ФИ ПАР конвексимальной поверхности правой и левой височных долей соответственно ($r=0,246$, $p<0,05$ справа и $r=0,284$, $p<0,05$ слева, где r – коэффициент корреляции Пирсона, здесь и далее по тексту), а также между величинами показателей наружного диаметра левой ВСА и ФИ ПАР левой теменной доли ($r=0,272$, $p<0,05$). Средние по силе положительные линейные корреляционные связи обнаружены между величинами показателей наружного диаметра правой ВСА и ФИ ПАР конвексимальной поверхности правой лобной и правой теменной долей ($r=0,434$, $p<0,01$ и $r=0,312$, $p<0,05$ соответственно), а также левой ВСА и ФИ ПАР конвексимальной поверхности левой лобной доли – $r=0,456$, $p<0,01$ (табл. 4.).

Уравнение регрессии, описывающее зависимость между величинами наружного диаметра правой ВСА и ФИ ПАР правой лобной доли имеет следующий вид: $y=0,127x+1,182$, $r^2=0,187$ (f5).

Уравнение регрессионной зависимости между величин наружного диаметра левой ВСА и ФИ ПАР левой лобной доли во втором периоде зрелого возраста имеет следующий вид: $y=0,131x+1,127$, $r^2=0,195$ (f6).

Зависимость между величинами наружного диаметра правой ВСА и ФИ ПАР правой теменной доли описывается следующим уравнением: $y=0,076x+1,374$, $r^2=0,104$ (f7).

Анализ полученных уравнений регрессии позволяет говорить о том, что во втором периоде зрелого возраста скорость роста величины значения ФИ ПАР правой теменной доли с увеличением наружного диаметра правой ВСА про-

Таблица 3.
Результаты корреляционного анализа между величинами показателей наружного диаметра правой и левой ВСА и величиной ФИ ПАР разных долей конвексимальной поверхности больших полушарий у лиц первого периода зрелого возраста (n=54)

ФИ ПАР верхнелатеральной поверхности больших полушарий	Наружный диаметр правой ВСА	Наружный диаметр левой ВСА
Правая лобная доля	$r^*=0,458$, $p<0,01$	-
Правая теменная доля	$r^*=0,307$, $p<0,01$	-
Правая височная доля	$r^*=0$, $p>0,05$	-
Левая лобная доля	-	$r^*=0,364$, $p<0,01$
Левая теменная доля	-	$r^*=0,393$, $p<0,01$
Левая височная доля	-	$r^*=0$, $p>0,05$

Примечание: r^* – коэффициент корреляции Спирмена, p – уровень значимости.

Таблица 4.

Результаты корреляционного анализа между величинами показателей наружного диаметра правой и левой ВСА и величиной ФИ ПАР разных долей конвексительной поверхности больших полушарий у лиц второго периода зрелого возраста (n=54)

ФИ ПАР верхнелатеральной поверхности больших полушарий	Наружный диаметр правой ВСА	Наружный диаметр левой ВСА
Правая лобная доля	r=0,434, p<0,01	-
Правая теменная доля	r=0,312, p<0,05	-
Правая височная доля	r=0,246, p<0,05	-
Левая лобная доля	-	r=0,456, p<0,01
Левая теменная доля	-	r=0,272, p<0,05
Левая височная доля	-	r=0,284, p<0,05

Примечание: r – коэффициент корреляции Пирсона, p – уровень значимости.

Таблица 5.

Результаты корреляционного анализа между величинами показателей наружного диаметра правой и левой ВСА и величиной ФИ ПАР разных долей конвексительной поверхности больших полушарий у лиц пожилого возраста (n=54)

ФИ ПАР верхнелатеральной поверхности больших полушарий	Наружный диаметр правой ВСА	Наружный диаметр левой ВСА
Правая лобная доля	r=0,359, p<0,01	-
Правая теменная доля	r=0, p>0,05	-
Правая височная доля	r=0,519, p<0,01	-
Левая лобная доля	-	r=0,451, p<0,01
Левая теменная доля	-	r=0,327, p<0,01
Левая височная доля	-	r=0,409, p<0,01

Примечание: r – коэффициент корреляции Пирсона, p – уровень значимости.

исходит с более низкой скоростью, чем в обеих лобных долях, поскольку коэффициент наклона графика относительно оси абсцисс в уравнении f7 оказался меньше, чем в уравнениях f5 и f6.

В группе лиц пожилого возраста обнаружены средние по силе линейные корреляционные связи между величинами показателей наружного диаметра правой ВСА и ФИ ПАР верхнелатеральной поверхности правой лобной (r=0,359, p<0,01) и височной долей (r=0,519, p<0,01), наружного диаметра левой ВСА и ФИ ПАР верхнелатеральной поверхности лобной (r=0,451, p<0,01), теменной (r=0,327, p<0,01) и височной (r=0,409, p<0,01) долей (табл. 5.). Отсутствие корреляционной связи между величинами указанных показателей в правой теменной доле может быть связано с неравномерным изменением поверхностного артериального русла в пожилом возрасте. Разница выполняемых корой головного мозга функций в правом и левом полушариях также может приводить к несимметричным пространственным перестройкам артериальной сети мозга.

Характер линейной зависимости между указанными показателями для правой лобной доли описывается уравнением регрессии: $y=0,102x+1,174, r^2=0,179$ (f8);

для левой лобной доли: $y=0,115x+1,192, r^2=0,124$ (f9).

Характер линейной зависимости между указанными показателями для левой теменной доли описывается уравнением: $y=0,069x+1,367, r^2=0,119$ (f10).

Характер линейной зависимости между указанными показателями для правой лобной доли описывается уравнением регрессии: $y=0,114x+1,139, r^2=0,154$ (f11);

для левой лобной доли: $y=0,086x+1,112, r^2=0,142$ (f12).

Полученные данные позволяют говорить о том, что в пожилом возрасте скорость роста величины значения ФИ ПАР левой теменной доли с увеличением наружного диаметра левой ВСА происходит с более низкой скоростью, чем в обеих лобных и обеих височных долях.

Сравнивая коэффициенты наклона в уравнениях регрессии разных возрастных групп, удастся сделать вывод, что в целом в первом и втором периодах зрелости с ростом величины наружного диаметра ВСА значения показателя ФИ ПАР растут с большей скоростью, чем в пожилом возрасте.

Полученные результаты позволяют говорить о том, что распределение артерий на верхнелатеральной поверхности больших полушарий у лиц первого и второго периода зрелого возраста (за исключением затылочной и височной долей) в целом прямо зависит от величины наружного диаметра ВСА соответствующей стороны. У лиц пожилого возраста имеет место также прямая зависимость организации поверхностного кровоснабжения височной доли от показателя наружного диаметра ВСА ипсилатеральной стороны. Отсутствие связи или слабая корреляционная связь между величинами показателей наружного диаметра ВСА и ФИ ПАР височной доли в основном обусловлено отсутствием четкой анатомической границы между областями кровоснабжения средней и задней мозговых артерий на верхнелатеральной поверхности больших полушарий. В результате этого поверхностные ветви задней мозговой артерии частично проникают и в височную долю, ветвясь на ее поверхности вместе с ветвями средней мозговой артерии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наружный диаметр правой и левой ВСА подвержен возрастным перестройкам, закономерности которых могут быть охарактеризованы с точки зрения изменений структурной организации сосудистой стенки, а также изменяющихся трофических и метаболических потребностей разных отделов головного мозга. Изучение корреляционных связей между показателями величины наружного диаметра ВСА и ФИ ПАР верх-

нелатеральной поверхности лобной, теменной и височной долей больших полушарий в разных возрастных группах позволило выявить зависимость структурной организации поверхностного мозгового кровоснабжения от морфометрических характеристик магистральной артерии.

В ходе исследования выяснено, что увеличение наружного диаметра ВСА обуславливает увеличение показателей ФИ ПАР на конвексительной поверхности лобной доли обоих полушарий всех исследованных возрастных групп, теменной доли обоих полушарий лиц первого периода зрелости, правой теменной доли лиц второго периода зрелости и левой теменной доли лиц пожилого возраста, височной доли обоих полушарий лиц пожилого возраста. Полученные результаты дополняют картину индивидуальной и возрастной анатомической изменчивости поверхностного артериального русла больших полушарий и позволяют делать новые шаги для установления эталонных значений нормы ФИ ПАР для верхнелатеральной поверхности больших полушарий.

В данной работе изучались взаимосвязи поверхностного и магистрального кровоснабжения людей зрелого и пожилого возраста. Однако снижение среднего возраста больных сердечно-сосудистой патологией, а также стремление социума к активному и здоровому долголетию диктует необходимость новых знаний. В том числе детальным изучением требуются данные о взаимосвязях поверхностного и магистрального кровотока на начальных этапах постэмбрионального развития до периода полового созревания, от юношеского возраста до второго зрелого возраста, от пожилого до возраста долгожителей. Перспективами для дальнейшей работы также является изучение связей между показателями наружного диаметра ВСА и ФИ ПАР верхнелатеральной поверхности больших полушарий в зависимости от пола.

Ю.В. Довгялло, К.М. Вельма, Е.А. Горбачева

ГОО ВПО «Донецкий национальный медицинский университет имени М. Горького», Донецк

ВОЗРАСТНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВЕЛИЧИНЫ ФРАКТАЛЬНОГО ИНДЕКСА ПОВЕРХНОСТНОЙ АРТЕРИАЛЬНОЙ СЕТИ БОЛЬШИХ ПОЛУШАРИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЕЛИЧИНЫ ПОКАЗАТЕЛЯ НАРУЖНОГО ДИАМЕТРА ВНУТРЕННИХ СОННЫХ АРТЕРИЙ

Стабильная перфузия нервной ткани обеспечивается адекватными механизмами как магистрального, так и микроциркуляторного кровоснабжения, к развитию ишемий имеют отношение структурные изменения как магистральных сосудов головы и шеи, так и поверхностного артериального русла больших полушарий. Ввиду этого совершенно необходимым пред-

ставляется изучение взаимосвязей между морфометрическими параметрами крупных артериальных стволов и характеристиками адекватности поверхностного мозгового кровоснабжения.

Целью работы явилось изучение значений фрактального индекса поверхностного артериального русла верхнелатеральной поверхности отдельных долей

больших полушарий в зависимости от величины наружного диаметра правой и левой внутренних сонных артерий в разных возрастных группах.

Материал и методы. В соответствии с целью и задачами работы был определен наружный диаметр мозгового отдела правой и левой внутренней сонной артерии после отхождения от нее основных артериальных стволов на основании мозга, а также величина фрактального индекса поверхностного артериального русла конвексимальной поверхности правого и левого больших полушарий 54 людей в возрасте 29-69 лет, причина смерти которых не связана с цереброваскулярной патологией. Обследуемые составили три возрастные группы: первого периода зрелого возраста – 18 человек (9 мужчин и 9 женщин), второго периода зрелого возраста – 18 человек (9 мужчин и 9 женщин), пожилого возраста – 18 человек (9 мужчин и 9 женщин). Статистическая обработка полученных результатов проводилась при помощи лицензионной компьютерной программы MedStat.

Результаты. В ходе статистической обработки полученных результатов установлено, что увеличение

наружного диаметра внутренней сонной артерии обуславливает увеличение показателей фрактального индекса поверхностного артериального русла на конвексимальной поверхности лобной доли обоих полушарий всех исследованных возрастных групп, теменной доли обоих полушарий лиц первого периода зрелости, правой теменной доли лиц второго периода зрелости и левой теменной доли лиц пожилого возраста, височной доли обоих полушарий лиц пожилого возраста.

Заключение. Полученные результаты дополняют картину индивидуальной и возрастной анатомической изменчивости поверхностного артериального русла больших полушарий и позволяют делать новые шаги для установления эталонных значений нормы фрактального индекса поверхностной сосудистой сети для верхнелатеральной поверхности больших полушарий.

Ключевые слова: головной мозг, внутренняя сонная артерия, поверхностное артериальное русло, фрактальный индекс, поверхностное кровоснабжение, большие полушария, возрастная изменчивость.

Yu.V. Dovgyallo, K.M. Vel'ma, E.A. Gorbacheva

SEI HPE «M. Gorky Donetsk National Medical University», Donetsk

AGE VARIABILITY OF THE FRACTAL INDEX OF THE SURFACE ARTERIAL NETWORK OF THE LARGE HEMISPHERES DEPENDING ON THE VALUE OF THE EXTERNAL DIAMETER OF THE INTERNAL CAROTID ARTERIES

Stable perfusion of the nervous tissue is provided by adequate mechanisms of both main and microcirculatory blood supply; structural changes in both the main vessels of the head and neck and the superficial arterial bed of the cerebral hemispheres are related to the development of ischemia. In view of this, it is absolutely necessary to study the relationship between the morphometric parameters of large arterial trunks and the characteristics of the adequacy of the superficial cerebral blood supply.

The aim of the work was to study the values of the fractal index of the superficial arterial bed of the upper lateral surface of individual lobes of the cerebral hemispheres, depending on the value of the outer diameter of the right and left internal carotid arteries in different age groups.

Material and methods. In accordance with the purpose and objectives of the work, the outer diameter of the cerebral section of the right and left internal carotid artery after the main arterial trunks left it at the base of the brain, as well as the value of the fractal index of the superficial arterial bed of the convexital surface of the right and left cerebral hemispheres of 54 people aged 29 -69 years, whose cause of death is not associated with cerebrovascular pathology. The subjects consisted of three age groups: the first period of adulthood – 18 people (9

men and 9 women), the second period of mature age – 18 people (9 men and 9 women), the elderly – 18 people (9 men and 9 women). Statistical processing of the obtained results was carried out using a licensed computer program MedStat.

Results. In the course of statistical processing of the results obtained, it was found that an increase in the external diameter of the internal carotid artery causes an increase in the fractal index of the superficial arterial bed on the convexital surface of the frontal lobe of both hemispheres of all studied age groups, the parietal lobe of both hemispheres of persons of the first period of maturity, the right parietal lobe of persons of the second period, maturity and the left parietal lobe of the elderly, the temporal lobe of both hemispheres of the elderly.

Conclusion. The results obtained complement the picture of individual and age-related anatomical variability of the superficial arterial bed of the cerebral hemispheres and allow new steps to be taken to establish the reference values of the norm of the fractal index of the superficial vascular network for the upper-lateral surface of the cerebral hemispheres.

Key words: brain, internal carotid artery, superficial arterial bed, cerebral circulation, superficial blood supply, cerebral hemispheres, age-related variability.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бокерия Л.А., Асланиди И.П., Сергуладзе Т.Н., Дарвиш Н.А., Качеишвили М.Ю., Трифонова Т.А., Есенева М. Ф. Методы диагностики мозговой гемодинамики и уров-

REFERENCES

1. Bokeriya L.A., Aslanidi I.P., Serguladze T.N., Darvish N.A., Kacheishvili M.Yu., Trifonova T.A., Eseneva M. F. Metody diagnostiki mozgovoi gemodinamiki i urovnya tsebral'noi

- ня церебральной перфузии у больных с окклюдирующими поражениями брахиоцефальных артерий. Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. 2012; 13 (1): 5-17.
2. Panigrahy C., Seal A., Mahato K.N., Bhattacharjee D. Differential box counting methods for estimating fractal dimension of gray-scale images: A survey. *Chaos, Solitons & Fractals*. 2019; 126: 178-202.
 3. Железкова А.А., Скоробогатов Ю.Ю., Филатова О.В. Возрастное измерение диаметра внутренних сонных артерий. *Известия Алтайского государственного университета*. 2010; 3-1: 26-29.
 4. Sertedaki E., Veroutis D., Zagouri F. et al. Carotid Disease and Ageing: A Literature Review on the Pathogenesis of Vascular Senescence in Older Subjects. *Curr Gerontol Geriatr Res*. 2020; 2020: 8601762. doi:10.1155/2020/8601762
 5. Иванцов О.А. Нарушение мозгового кровообращения как медико-социальная проблема. *Проблемы здоровья и экологии*. 2018; 4 (58): 4-9.
 6. Marcin Czyz, Hesham Radwan, Jian Y. Li, Christopher G. Filippi, Tomasz Tykocki, Michael Schulder Fractal Analysis May Improve the Preoperative Identification of Atypical Meningiomas. *Neurosurgery*. 2018; 80 (2): 300-308. doi: 10.1093/neuros/nyw030.
 7. Thomas J.B., Antiga L., Che S.L., Milner J.S., Hangan Steinman D.A., Spence J.D., Rutt B.K., Steinman D.A. Variation in the carotid bifurcation geometry of young versus older adults: implications for geometric risk of atherosclerosis. *Stroke*. 2005; 36 (11): 2450-2456. doi: 10.1161/01.str.0000185679.62634.0a;
 8. Степаненко А.Ю., Мар'енко Н.И. Фрактальный анализ как метод морфометрического исследования поверхностной сосудистой сети мозжечка человека. *Медицина сьогодні і завтра*. 2015; 4 (69): 50-55.
 9. Лях Ю. Е., Гурьянов В. Г., Хоменко В. Н., Панченко О. А. Основы компьютерной биостатистики: анализ информации в биологии, медицине и фармации статистическим пакетом MedStat. *Донецк*; 2006. 211.
 - перфузии у бол'них з окклюдируючими поразеннями брахіоцефальних артерій. *Бюллетень НЦССХ ім. А.Н. Бакулева РАМН*. 2012; 13 (1): 5-17 (in Russian).
 2. Panigrahy C., Seal A., Mahato K.N., Bhattacharjee D. Differential box counting methods for estimating fractal dimension of gray-scale images: A survey. *Chaos, Solitons & Fractals*. 2019; 126: 178-202.
 3. Zhelezkova A.A., Skorobogatov Yu.Yu., Filatova O.V. Vozrastnoe izmerenie diametra vnutrennikh sonnykh arterii. *Izvestiya Altaiskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2010; 3-1: 26-29 (in Russian).
 4. Sertedaki E., Veroutis D., Zagouri F. et al. Carotid Disease and Ageing: A Literature Review on the Pathogenesis of Vascular Senescence in Older Subjects. *Curr Gerontol Geriatr Res*. 2020; 2020: 8601762. doi:10.1155/2020/8601762
 5. Ivantsov O.A. Narusheniye mozgovogo krovoobrashcheniya kak mediko-sotsial'naya problema. *Problemy zdorov'ya i ekologii*. 2018; 4 (58): 4-9 (in Russian).
 6. Marcin Czyz, Hesham Radwan, Jian Y. Li, Christopher G. Filippi, Tomasz Tykocki, Michael Schulder Fractal Analysis May Improve the Preoperative Identification of Atypical Meningiomas. *Neurosurgery*. 2018; 80 (2): 300-308. doi: 10.1093/neuros/nyw030.
 7. Thomas J.B., Antiga L., Che S.L., Milner J.S., Hangan Steinman D.A., Spence J.D., Rutt B.K., Steinman D.A. Variation in the carotid bifurcation geometry of young versus older adults: implications for geometric risk of atherosclerosis. *Stroke*. 2005; 36 (11): 2450-2456. doi: 10.1161/01.str.0000185679.62634.0a;
 8. Stepanenko A.Yu., Mar'enko N.I. Fraktal'nyi analiz kak metod morfometricheskogo issledovaniya poverkhnostnoi sosudistoi seti mozzhechka cheloveka. *Meditsina s'ogodni i zavtra*. 2015; 4 (69): 50-55 (in Russian).
 9. Lyakh Yu. E., Gur'yanov V. G., Khomenko V. N., Panchenko O. A. Osnovy komp'yuternoi biostatistiki: analiz informatsii v biologii, meditsine i farmatsii statisticheskim paketom MedStat. *Donetsk*; 2006. 211 (in Russian).