

УДК 611.133.3-031-053  
DOI: 10.26435/UC.V014(41).778

Ю.В. Довгялло, К.М. Вельма

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

## ЗАВИСИМОСТЬ ВЕЛИЧИНЫ ИНДЕКСА ЛАКУНАРНОСТИ ОТ НАРУЖНОГО ДИАМЕТРА ВНУТРЕННЕЙ СОННОЙ АРТЕРИИ У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП

Пространственная геометрия артериального русла головного мозга – предмет пристального внимания ученых и исследователей [1, 2]. К сожалению, в мире неуклонно растет частота острых и хронических нарушений мозгового кровообращения, неврологических и психических расстройств [3]. Появление и внедрение новейших методов ангио- и нейровизуализации требует новых данных относительно особенностей строения артериального русла, включая сосуды мелкого и среднего калибра, относящиеся к пиальной артериальной сети [4, 5]. Интересным представляется математический взгляд на строение и закономерности распределения элементов поверхностных артерий больших полушарий головного мозга, согласно которому артериальное русло является фрактальной структурой, подчиняющейся закономерностям, свойственным фракталам или мультифракталам [6]. Соответственно, артериальное русло может быть описано при помощи ряда переменных, таких как фрактальная размерность, индекс лакунарности, корреляционная размерность и некоторые другие. Индекс лакунарности (далее ИЛ) характеризует степень «дырявости» артериальной сети, численно описывает размер лакун – участков поверхности полушарий, лишенных элементов артериального русла. Изучение зависимости пространственной геометрии пиального артериального русла от таких факторов, как пол, возраст, наружный диаметр магистральной артерии, образующей артериальную сеть конвексимальной поверхности полушарий головного мозга, поможет получить более полное представление о возможных вариантах строения пиальных артерий больших полушарий в норме. Именно индивидуальные особенности строения сосудистого русла считаются сейчас факторами риска возникновения цереброваскулярных заболеваний [7]. Все сказанное и определило цель настоящей работы.

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить зависимость величины показателя индекса лакунарности поверхностного артериального русла конвексимальной поверхности больших полушарий головного мозга от величины наружного диаметра внутренней сонной артерии у представителей первого периода зрелого возраста, второго периода зрелого возраста, пожилого возраста.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В соответствии с целью и задачами работы определялся индекс лакунарности поверхностного артериального русла конвексимальной поверхности больших полушарий головного мозга 84 человек обоего пола, которые составили три возрастные группы: первого периода зрелого возраста – 28 человек (14 мужчин и 14 женщин), второго периода зрелого возраста – 28 человек (14 мужчин и 14 женщин), пожилого возраста – 28 человек (14 мужчин и 14 женщин). Расчет индекса лакунарности включал фотографирование поверхностного артериального русла верхнелатеральной поверхности больших полушарий при помощи зеркального фотоаппарата Nikon 3110 в боковой проекции с использованием морфометрического маркера для дальнейшего определения абсолютных размеров исследуемых структур (в качестве инструмента определения абсолютных размеров использовалась экранная пиксельная линейка SPRuler). Далее при помощи компьютерной программы Adobe Photoshop на изображении выбирались 3 квадрата со стороной 4 см, соответствующие лобной, теменной и височной долям больших полушарий. В полученных квадратах по цветовому диапазону выделяли элементы сосудистой сети и переводили полученное изображение в черно-белый формат.

Затем изображение разбивалось последовательно морфометрической сеткой на 4, 16, 64, 256, 1024 равных квадрата, при этом размер стороны вновь полученных квадратов оказывался в 2, 4, 8, 16, 32 раза меньше, чем у исходного. На каждом этапе разбиения на квадраты определялась степень заполненности изображения элементами сосудистого русла. Для этого в каждом квадрате при помощи компьютерной утилиты ImageMagick вычислялось количество пикселей черного цвета – элементов сосудистого русла.

С помощью статистической программы StatMed определяли среднее количество пикселей и среднее квадратичное отклонение на каждом этапе для квадратов конкретного размера. Рассчитывали меру лакунарности для каждого этапа по формуле:

$$L = \left( \frac{\sigma}{\mu} \right)^2 \quad (1),$$

где L – мера лакунарности для каждого этапа,  $\sigma$  – среднее квадратичное отклонение единичных элементов сосудистой сети в ячейках заданного размера,  $\mu$  – среднее значение единичных элементов сосудистой сети в ячейках заданного размера [8].

Далее рассчитывался натуральный логарифм двух чисел: числа, обратного значению Box Size (количеству квадратов морфометрической сетки на данном этапе подсчета), и числа L (меры лакунарности для элементов сосудистого русла на конкретном этапе подсчета); с помощью компьютерной программы Microsoft Office Excel создавался график зависимости  $\ln(L)$  от  $\ln(1/\text{BoxSize})$ . Далее строилось уравнение линейной регрессии. Коэффициент перед переменной представляет собой индекс лакунарности.

Наружный диаметр внутренней сонной артерии определялся в мм при помощи штангенциркуля «Калиброн» ШШШ-1 с механической и электронной шкалой с точностью измерения до 0,01 мм (заводской №040137). Наружный диаметр определялся трижды с каждой стороны в мозговом отделе внутренней сонной артерии, далее высчитывалось среднее значение, которое использовалось для статистической обработки полученных данных.

Определение величин статистических переменных осуществлялось при помощи лицензионной программы StatMed. Выбор того или иного статистического критерия определялся законом распределения частот величин.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для решения поставленной задачи определялось наличие и характер корреляционных

связей между величинами наружного диаметра внутренней сонной артерии и ИЛ поверхностного артериального русла конвексимальной поверхности лобной, височной и теменной долей больших полушарий ипсилатеральной стороны. Данные об изменчивости показателя ИЛ артериального русла затылочной доли не рассматривались, поскольку эта область головного мозга кровоснабжается задней мозговой артерией – частью вертебробазилярного бассейна. Поскольку распределение частот изучаемых величин не соответствовало нормальному закону, для статистической обработки полученных данных использовались непараметрические критерии [9]. Гипотеза о распределении частот величин проверялась при помощи критерия Шапиро-Уилка.

В результате непараметрического корреляционного анализа Спирмена слабые по силе, отрицательные, линейные корреляционные связи были обнаружены между величинами показателей наружного диаметра левой внутренней сонной артерии и ИЛ поверхностного артериального русла ипсилатеральной лобной доли ( $r=-0,198$ ,  $p<0,01$ , где  $r$  – коэффициент корреляции Спирмена,  $p$  – уровень значимости, здесь и далее по тексту), а также между величинами наружного диаметра левой внутренней сонной артерии и ИЛ поверхностного артериального русла левой височной доли ( $r=-0,134$ ,  $p=0,04$ ). Корреляционный анализ также показал отсутствие связей между исследуемыми показателями в других долях правого и левого больших полушарий ( $r=0$ ,  $p>0,05$ ). Таким образом, в целом значения ИЛ поверхностного артериального русла верхнелатеральной поверхности больших полушарий не связаны с величинами наружного диаметра внутренней сонной артерии ипсилатеральной стороны.

Изучение наличия и характера корреляционных связей между величинами изучаемых показателей отдельно для представителей разных возрастных групп: лиц первого периода зрелого, второго периода зрелого и пожилого возраста – позволило установить, что у лиц первого периода зрелого возраста существует слабая по силе, отрицательная, линейная корреляционная связь между значениями наружного диаметра правой внутренней сонной артерии и величинами ИЛ поверхностного артериального русла правой теменной доли ( $r=-0,257$ ,  $p=0,02$ ). Выявлены средние по силе, положительные, линейные корреляционные связи между величинами наружного диаметра правой и левой внутренних сонных артерий и значениями ИЛ поверхностного артериального русла соответствующих лобных долей ( $r=0,563$ ,  $p<0,01$  справа и  $r=0,498$ ,  $p<0,01$  слева). В остальных случаях корреляционные свя-

зи между величинами ИЛ и наружного диаметра внутренней сонной артерии отсутствовали ( $r=0$ ,  $p>0,05$ ).

Характер линейной зависимости между указанными показателями для правой лобной доли описывается уравнением регрессии:

$$y=0,0916x+0,3937, r^2=0,4219 \quad (2)$$

Для левой лобной доли:

$$y=0,0727x+0,4639, r^2=0,4289 \quad (3)$$

Коэффициент наклона (число перед переменной  $x$ ) несколько больше в первом уравнении, следовательно, рост ИЛ поверхностного артериального русла правой лобной доли с увеличением наружного диаметра правой внутренней сонной артерии происходит несколько быстрее, чем рост ИЛ артериального русла левой лобной доли с увеличением наружного диаметра левой внутренней сонной артерии. Коэффициент сдвига (число в правой части уравнения) оказался практически одинаков в обоих уравнениях.

У лиц второго периода зрелого возраста связи между величинами наружного диаметра внутренних сонных артерий и ИЛ артериального русла разных долей ипсилатерального полушария установлены не были ( $r=0$ ,  $p>0,05$ ).

В группе лиц пожилого возраста установлены средние по силе, положительные, линейные корреляционные связи между величинами наружного диаметра левой внутренней сонной артерии и величинами ИЛ артериальной сети левой височной доли ( $r=0,428$ ,  $p<0,01$ ). Даная корреляционная зависимость описывается следующим уравнением регрессии:

$$y=0,1625x-0,3271, r^2=0,3152 \quad (4)$$

В остальных участках верхнелатеральной поверхности полушарий изучаемые показатели оказались не связаны между собой корреляционной связью ( $r=0$ ,  $p>0,05$ ).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Зависимость фрактальной геометрии поверхностного артериального русла конвексительной поверхности больших полушарий головного мозга и величины наружного диаметра внутренней сонной артерии ипсилатеральной стороны носит ненаправленный, или случайный характер. В первом периоде зрелого возраста корреляционная связь между величинами ИЛ и наружного диаметра внутренней сонной артерии имеет место только в правой и левой лобных долях, в пожилом возрасте – в левой височной доле. Во втором периоде зрелости корреляционные связи между ИЛ и величинами наружного диаметра внутренней сонной артерии отсутствуют, то есть изменение наружного диаметра внутренней сонной артерии не влияет на равномерность распределения элементов артериального русла конвексительной поверхности больших полушарий.

Мультифрактальный анализ – перспективный и развивающийся метод, который позволяет численно, а значит, объективно оценить пространственную геометрию сосудистого русла функционально-различных органов. Определение эталонных значений параметров мультифрактального анализа, а также выяснение их зависимости от таких факторов, как пол, возрастная группа, тип телосложения, регион проживания и многие другие, помогут расширить существующие представления о строении пиального артериального русла, а также диагностировать возможные нарушения перфузии участков коры больших полушарий, что может являться предпосылкой хронических нарушений мозгового кровообращения.

**Ю.В. Довгялло, К.М. Вельма**

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

### ЗАВИСИМОСТЬ ВЕЛИЧИНЫ ИНДЕКСА ЛАКУНАРНОСТИ ОТ НАРУЖНОГО ДИАМЕТРА ВНУТРЕННЕЙ СОННОЙ АРТЕРИИ У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП

Появление новейших методов визуализации требует новых данных относительно особенностей строения артериального русла, относящегося к пиальной артериальной сети. В соответствии с представлениями об артериальном русле как о фрактальной структуре оно может быть описано при помощи ряда переменных, одной из которых является индекс лакунарности. Изучение зависимости пространственной геометрии пиального артериального русла от таких факторов, как пол, возраст, наружный диаметр магистральной артерии, образующей артериальную сеть конвексительной поверхности полушарий головного мозга, позволит получить более полное представление о возможных вариантах строения пиальных артерий больших полушарий в норме.

Цель работы: изучить зависимость величины индекса лакунарности поверхностного артериального русла больших полушарий головного мозга от величины наружного диаметра внутренней сонной артерии у представителей разных возрастных групп.

Материал и методы: определялся индекс лакунарности поверхностного артериального русла конвексимальной поверхности полушарий головного мозга 84 человек обоего пола, которые составили три возрастные группы: первого периода зрелого возраста – 28 человек, второго периода зрелого возраста – 28 человек, пожилого возраста – 28 человек. Расчет индекса лакулярности проводился в соответствии с методикой box-counting. Наружный диаметр внутренней сонной артерии определялся при помощи штангенциркуля «Калиброн» ШШЩ-1 с механической и электронной шкалой. Определение величин статистических переменных осуществлялось при помощи лицензионной программы StatMed.

Результаты. Для решения поставленной задачи определялось наличие и характер корреляционных связей между величинами наружного диаметра внутренней сонной артерии и индекса лакулярности поверхностного артериального русла конвексимальной поверхности лобной, височной и теменной долей больших полушарий ипсилатеральной стороны.

В первом периоде зрелого возраста выявлены средние по силе, положительные, линейные корреляционные связи между величинами наружного ди-

аметра правой и левой внутренних сонных артерий и значениями индекса лакулярности артериального русла соответствующих лобных долей. У лиц второго периода зрелого возраста связи между величинами наружного диаметра внутренних сонных артерий и индексом лакулярности артериального русла разных долей ипсилатерального полушария установлены не были. В группе лиц пожилого возраста установлены средние по силе, положительные, линейные корреляционные связи между величинами наружного диаметра левой внутренней сонной артерии и величинами индекса лакулярности артериальной сети левой височной доли.

Выводы. Зависимость индекса лакулярности от величины наружного диаметра внутренней сонной артерии ипсилатеральной стороны носит ненаправленный, или случайный характер. Изменение наружного диаметра внутренней сонной артерии не влияет на равномерность распределения элементов артериального русла конвексимальной поверхности больших полушарий.

**Ключевые слова:** индекс лакулярности, артерии мозга, полушария мозга.

*Yu.V. Dovgyallo, K.M. Velma*

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

#### **DEPENDENCE OF THE LACUNARITY INDEX VALUE ON THE EXTERNAL DIAMETER OF THE INTERNAL CAROTID ARTERY IN REPRESENTATIVES OF DIFFERENT AGE GROUPS**

The emergence of new imaging methods requires new data about the structural features of the arterial bed, related to the pial arterial network. In accordance with the concept of the arterial bed as a fractal structure, it can be described using a number of variables, one of which is the lacunarity index. The study of the dependence of the spatial geometry of the pial arterial bed on factors such as gender, age, and the external diameter of the big artery, which forms the arterial network of the cerebral hemispheres convexital surface, will provide a more complete picture of the possible variants of the structure of the cerebral hemispheres pial arteries in normal conditions.

Purpose: to study the dependence of the lacunarity index of the superficial arterial bed value on the value of the external diameter of the internal carotid artery in representatives of different age groups.

Material and methods: the lacunarity index of the superficial arterial bed of the convexital surface of the cerebral hemispheres was determined in 84 people of both gender, which made up three age groups: the first period of mature age – 28 people, the second period of mature age – 28 people, the elderly – 28 people. The lacunarity index was calculated in accordance with the box-counting technique. The external diameter of the internal carotid artery was determined using a caliper with a mechanical and electronic scale with. Determination of the statistical variables values was determined using the StatMed licensed program.

Results: To reach the purpose of the work, the presence and character of correlations between the external diameter of the internal carotid artery and lacunarity index of the superficial arterial bed of the frontal, temporal and parietal lobes convexital surface of the ipsilateral side were determined.

In the first period of mature age there were revealed average in strength, positive, linear correlations between the values of the external diameter of the right and left internal carotid arteries and the values of the lacunarity index of the arterial bed of the corresponding frontal lobes. In persons of the second period of mature age, the relationship between the external diameter of the internal carotid arteries and the lacunarity index of the arterial bed of different lobes of the ipsilateral hemisphere was not established. In the group of elderly people, average strength, positive linear correlations were established between the values of the external diameter of the left internal carotid artery and the values of the lacunarity index of the arterial network of the left temporal lobe.

Conclusions. The dependence of the lacunarity index on the external diameter of the internal carotid artery of the ipsilateral side is non-directional or random. A change in the external diameter of the internal carotid artery does not affect the uniformity of the distribution of the elements of the arterial bed of the cerebral hemispheres convexital surface.

**Key words:** lacunarity index, brain arteries, cerebral hemispheres.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Чаплыгина Е.В., Каплунова О.А., Домбровский В.И., Суханова О.П., Блинов И.М., Чистолонова Л.И. Развитие, аномалии и вариантная анатомия артерий головного мозга. Журнал анатомии и гистопатологии. 2015. 2: 52-59.
2. Степаненко А.Ю. Закономерности индивидуальной изменчивости поверхностной сосудистой сети мозжечка. Экспериментальная и теоретическая медицина. 2017; 2 (75): 44-48.
3. Башарова А.В., Пенина Г.О. Болезни нервной системы в структуре показателей здоровья трудоспособного населения. Bulletin of the International Scientific Surgical Association. 2017; 6 (4): 30-31.
4. Баев А.А., Божко О.В., Чураец В.В. Магнитно-резонансная томография головного мозга: атлас. Москва: Медицина; 2000. 128.
5. Холин А.В. Магнитно-резонансная томография при заболеваниях центральной нервной системы. Санкт-Петербург: Гиппократ; 2007. 254.
6. Michallek F, Dewey M. Fractal analysis in radiological and nuclear medicine perfusion imaging: a systematic review. Eur. Radiol. 2014; 24 (1): 60-69.
7. Суслина З.А., Варакин Ю.А. Эпидемиологические аспекты изучения инсульта. Время подводить итоги. Анналы клинической и экспериментальной неврологии; 2007. 2: 22-28.
8. Стряпунина К.А., Макарова Л.Е., Дегтярев А.И., Караваев Д.М., Матыгуллина Е.В., Сиротенко Л.Д. Мультифрактальный анализ композиционного материала на основе терморасширенного графита. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. 1(2): 552-556.
9. Лях Ю.Е., Гурьянов В.Г., Хоменко В.Н., Панченко О.А. Основы компьютерной биostatистики: анализ информации в биологии, медицине и фармации статистическим пакетом MedStat. Донецк: Папакица Е.К.; 2006. 242.

**REFERENCES**

1. Chaplygina E.V., Kaplunova O.A., Dombrovskii V.I., Sukhanova O.P., Blinov I.M., Chistolina L.I. Razvitiye, anomalii i variantnaya anatomiya arterii golovnogo mozga. Zhurnal anatomii i gistopatologii [Development, abnormalities and variant anatomy of the cerebral arteries]. 2015. 2: 52-59 (in Russian).
2. Stepanenko A.Yu. Zakonomernosti individual'noi izmenchivosti poverkhnostnoi sosudistoi seti mozzhechka [Regularities of individual variability of the cerebellar superficial vascular network]. Eksperimental'naya i teoreticheskaya meditsina. 2017; 2 (75): 44-48 (in Russian).
3. Basharova A.V., Penina G.O. Bolezni nervnoi sistemy v strukture pokazatelei zdorov'ya trudospobnogo naseleeniya [Diseases of the nervous system in the structure of health indicators of the working population]. Bulletin of the International Scientific Surgical Association. 2017; 6 (4): 30-31 (in Russian).
4. Baev A.A., Bozhko O.V., Churayants V.V. Magnitno-rezonansnaya tomografiya golovnogo mozga: atlas [Magnetic resonance imaging of the brain: atlas]. Moscow: Medicine; 2000. 128 (in Russian).
5. Kholin A.V. Magnitno-rezonansnaya tomografiya pri zabolevaniyakh tsentral'noi nervnoi sistemy [Magnetic resonance imaging for diseases of the central nervous system]. St.Petersburg: Hyppokrat; 2007. 254 (in Russian).
6. Michallek F, Dewey M. Fractal analysis in radiological and nuclear medicine perfusion imaging: a systematic review. Eur. Radiol. 2014; 24 (1): 60-69.
7. Suslina Z.A., Varakin Yu.A. Epidemiologicheskie aspekty izucheniya insul'ta. Vremya podvodit' itogi [Epidemiological aspects of the study of stroke. Time to take stock]. Annaly klinicheskoi i eksperimental'noi nevrologii; 2007. 2: 22-28 (in Russian).
8. Stryapunina K.A., Makarova L.E., Degtyarev A.I., Karavaev D.M., Matygullina E.V., Sirotenko L.D. Mul'tifraktal'nyi analiz kompozitsionnogo materiala na osnove termorasshirennoogo grafita [Multifractal analysis of a composite material based on thermally expanded graphite]. Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk. 2014. 1(2): 552-556 (in Russian).
9. Lyakh Yu.E., Gur'yanov V.G., Khomenko V.N., Panchenko O.A. Osnovy komp'yuternoii biostatistiki: analiz informatsii v biologii, meditsine i farmatsii statisticheskim paketom MedStat [Fundamentals of computer biostatistics: analysis of information in biology, medicine and pharmacy using the MedStat statistical package]. Donetsk: Papakitsa E.K.; 2006. 242 (in Russian).