

УДК 611.813/.818:611.133.3

Ю.В. Довгялло

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

ЗАВИСИМОСТЬ ИНДЕКСА ЛАКУНАРНОСТИ КОНВЕКСИТАЛЬНОГО АРТЕРИАЛЬНОГО РУСЛА ПОЛУШАРИЙ МОЗГА ОТ НАРУЖНОГО ДИАМЕТРА ВНУТРЕННЕЙ СОННОЙ АРТЕРИИ (ГЕНДЕРНЫЙ АСПЕКТ)

Артериальное русло функционально-различных органов является фрактальной (самоподобной) структурой, которая может быть описана рядом числовых параметров, позволяющих охарактеризовать фрактал количественно, а значит, объективно [1]. Одним из таких параметров является индекс лакунарности, количественно характеризующий равномерность распределения элементов фрактала на площади определенного размера и наличие пустых участков – лакун – между его элементами. Использование показателей мультифрактального анализа для характеристики пространственной геометрии артериального русла – перспективное направление науки, развитие которого сдерживается отсутствием количественного эталона нормы этих показателей для разных органов [2]. Что касается фрактальной геометрии поверхностного артериального русла полушарий головного мозга человека, можно утверждать, что ее особенности могут стать основой острых и хронических нарушений мозгового кровообращения [3]. Учитывая рост частоты инсультов во всем мире (по данным ВОЗ, смертность от острых нарушений мозгового кровообращения достигает 35% в острый период), внимание ученых и врачей должно быть направлено на профилактику и раннюю диагностику этого грозного состояния [4, 5].

Особый интерес вызывают факторы, влияющие на плотность и равномерность распределения элементов артериального русла на поверхности полушарий мозга, такие как пол, возрастная группа, форма черепа, тип телосложения и т.д. Кроме того, в последнее время исследователями все чаще высказываются предположения о том, что границы индивидуальной анатомической изменчивости структур организма, в том числе и организация сосудистой системы, зависят от региона проживания [6].

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение зависимости величины индекса лакунарности конвексимального артериального русла полушарий головного мозга от наружного диаметра внутренней сонной артерии в зависимости от пола.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В соответствии с целью и задачами работы определялся индекс лакунарности поверхностного артериального русла конвексимальной поверхности больших полушарий головного мозга 96 человек обоего пола, умерших от причин, не связанных с заболеваниями сердечно-сосудистой или нервной системы (48 мужчин и 48 женщин). На первом этапе производилось фотографирование поверхностной артериальной сети полушарий в боковой проекции с использованием морфометрической метки. Для определения абсолютных размеров изучаемой области использовалась экранная пиксельная линейка SP Ruler. Далее при помощи компьютерной программы Adobe Photoshop на изображении выбирались 3 квадрата со стороной 4 см, соответствующие лобной, теменной и височной долям больших полушарий.

Затем на выбранные участки изображений накладывалась морфометрическая сетка с 4, 16, 64, 256 квадратами. На каждом этапе разбиения на квадраты при помощи компьютерной утилиты ImageMagick в каждом из них подсчитывалось количество пикселей, соответствующих элементам артериального русла. Для автоматизации процесса и определения количества пикселей не в одной, а сразу во всех ячейках указанного размера был разработан и описан скриптовым языком программирования PowerShell сценарий для интегрированной среды сценариев Windows PowerShell. Полученные данные за-

носились в таблицы и использовались для дальнейшей статистической обработки.

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

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

где L – мера лакуарности для каждого этапа, σ – среднее квадратичное отклонение единичных элементов сосудистой сети в ячейках заданного размера, μ – среднее значение количества единичных элементов сосудистой сети в ячейках заданного размера [7].

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

Наружный диаметр внутренней сонной артерии (в мм) определялся при помощи штангенциркуля «Калиброн» ШШЦ-1 с механической и электронной шкалой (заводской №040137). Измерения производились трижды с каждой стороны в мозговом отделе внутренней сонной артерии, далее высчитывалось среднее значение, которое использовалось для статистической обработки результатов.

Закон распределения частот величин определялся при помощи критерия Шапиро-Уилка, величины статистических переменных - при помощи лицензионной программы StatMed.

Результаты и обсуждение

На первом этапе проверялась гипотеза о распределении частот величин изучаемых переменных. Так, и у мужчин, и у женщин распределение частот величин отличалось от нормального закона, что обусловило выбор непараметрических статистических критериев для дальнейшей обработки полученных результатов [8].

Для определения наличия и характера корреляционных связей между величинами индекса лакуарности и диаметра наружной сонной артерии соответствующей стороны использовался непараметрический корреляционный анализ Спирмена.

В группе лиц как мужского, так и женского пола отсутствуют линейные корреляционные

связи между величинами индекса лакуарности и наружного диаметра внутренней сонной артерии ипсилатеральной стороны без учета доли полушария (данные о величинах индекса лакуарности затылочной доли не учитывались).

У мужчин не установлено линейных корреляционных связей между указанными величинами в правой и левой теменной, правой и левой височных долях ($r=0$, $p>0,05$, где r – коэффициент корреляции Спирмена, p – уровень значимости при коэффициенте Спирмена, здесь и далее по тексту). В обеих лобных долях установлены отрицательные, средние по силе, линейные корреляционные связи ($r=-0,368$, $p<0,01$ и $r=-0,448$, $p<0,01$ для правой и левой лобных долей соответственно).

Характер зависимости между величинами индекса лакуарности поверхностного артериального русла правой лобной доли и наружного диаметра внутренней сонной артерии соответствующей стороны описывается уравнением регрессии, которое имеет следующий вид:

$$y=0,0484x+0,5784, R^2=0,4059 (2)$$

Подобная зависимость в левой лобной доле описывается следующим уравнением регрессии:

$$y=0,0384x+0,6478, r^2=0,4046 (3)$$

R^2 – коэффициент достоверности аппроксимации, здесь и далее по тексту. Коэффициент наклона (число перед переменной x) в уравнении 2 имеет несколько большее значение, чем в уравнении 3, следовательно, уменьшение величины индекса лакуарности с ростом величины наружного диаметра внутренней сонной артерии у мужчин в правой лобной доле происходит с несколько большей скоростью, чем в левой лобной доле.

Значения индекса лакуарности у мужчин не связаны с величинами наружного диаметра наружной сонной артерии соответствующей стороны в теменной и височной долях. В обеих лобных долях линейные корреляционные связи между изучаемыми переменными существуют, что позволяет эмпирически рассчитать нормальную величину индекса лакуарности в зависимости от наружного диаметра внутренней сонной артерии и оценить пространственную геометрию артериального русла.

У женщин наблюдаются несколько другие закономерности: в правой и левой лобной долях, правой и левой теменной долях линейные корреляционные связи между величинами индекса лакуарности поверхностного артериального русла соответствующих долей и величинами наружного диаметра внутренней сонной артерии ипсилатеральной стороны отсутствуют ($r=0$, $p>0,05$). В правой височной доле линейная

связь между указанными переменными характеризуется как отрицательная, слабая ($r=-0,248$, $p<0,001$), в левой височной доле – отрицательная, средняя по силе ($r=-0,332$, $p<0,001$). Уравнение линейной регрессии, описывающее указанную связь в левой височной доле, имеет следующий вид:

$$y=0,0296x+0,5473, r^2=0,4247 \quad (4)$$

Учитывая отсутствие корреляционных связей между величинами индекса лакунарности правой височной доли и наружным диаметром внутренней сонной артерии соответствующей стороны у женщин, а также силу данной связи в левой височной доле, можно предположить, что связи между указанными переменными у женщин носят случайный, ненаправленный характер.

ВЫВОДЫ

У мужчин корреляционные связи между величинами индекса лакунарности конвексимального артериального русла и наружного диаметра внутренней сонной артерии соответствующей стороны существуют только в правой и левой лобных долях. Эти связи характеризуются как линейные, отрицательные, средние по силе. У женщин корреляционные связи между изучаемыми переменными существуют в правой и

левой височной долях (в правой височной доле это линейная, отрицательная, слабая по силе, в левой височной доле – линейная, отрицательная, средняя по силе).

Изучение фрактальной геометрии поверхностного артериального русла полушарий головного мозга в норме в зависимости от пола, возраста и других факторов поможет еще на доклинической стадии определить нарушения перфузии тканей мозга, а значит, и предупредить развитие нарушений мозгового кровообращения в будущем. В настоящее время отсутствуют эталонные значения параметров мультифрактального анализа поверхностного артериального русла полушарий головного мозга, что сдерживает применение этого перспективного метода.

Следует сказать, что использование только одного параметра мультифрактального анализа для описания геометрии сосудистого русла не может в полной мере описать особенности пространственной организации артериальной или венозной сети. Предпочтительнее использовать ряд переменных для получения полной картины вариантов индивидуальной анатомической изменчивости сосудистого русла [9]. Сказанное открывает широкие перспективы для дальнейших исследований в этой области.

Ю.В. Довгялло

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

ЗАВИСИМОСТЬ ИНДЕКСА ЛАКУАРНОСТИ КОНВЕКСИТАЛЬНОГО АРТЕРИАЛЬНОГО РУСЛА ПОЛУШАРИЙ МОЗГА ОТ НАРУЖНОГО ДИАМЕТРА ВНУТРЕННЕЙ СОННОЙ АРТЕРИИ (ГЕНДЕРНЫЙ АСПЕКТ)

Артериальное русло функционально-различных органов может быть представлено как фрактальная структура, которая описывается рядом числовых параметров, позволяющих охарактеризовать фрактал количественно, а значит, объективно. Одним из таких параметров является индекс лакунарности, описывающий равномерность распределения элементов фрактала на площади определенного размера. Изучение особенностей пространственной геометрии поверхностного артериального русла полушарий головного мозга в зависимости от пола, возраста и ряда других факторов поможет предотвратить развитие острых и хронических нарушений мозгового кровообращения.

Целью данной работы стало изучение зависимости величины индекса лакунарности от наружного диаметра внутренней сонной артерии в зависимости от пола.

Материал и методы. В соответствии с целью и задачами работы определялся индекс лакунарности поверхностного артериального русла конвексимальной поверхности больших полушарий головного мозга 96 человек обоего пола, умерших от причин, не связан-

ных с заболеваниями сердечно-сосудистой или нервной системы (48 мужчин и 48 женщин) согласно методике box counting.

Наружный диаметр внутренней сонной артерии (в мм) определялся в ее мозговом отделе при помощи штангенциркуля «Калиброн» с электронной и механической шкалой.

Результаты и обсуждение. Для решения поставленной задачи устанавливалось наличие и характер корреляционных связей между величинами наружного диаметра внутренней сонной артерии и индекса лакунарности поверхностного артериального русла конвексимальной поверхности лобной, височной и теменной долей больших полушарий ипсилатеральной стороны в зависимости от пола. Установлено, что в группе лиц и мужского, и женского пола отсутствуют линейные корреляционные связи между величинами индекса лакунарности и наружного диаметра внутренней сонной артерии ипсилатеральной стороны без учета доли полушария.

У мужчин не установлено линейных корреляционных связей между указанными величинами в правой и левой теменной, правой и левой височных долях.

В обеих лобных долях обнаружены отрицательные, средние по силе, линейные корреляционные связи.

У женщин наблюдаются другие закономерности: в правой и левой лобной долях, правой и левой теменной долях линейные корреляционные связи между величинами индекса лакунарности поверхностного артериального русла соответствующих долей и величинами наружного диаметра внутренней сонной артерии ипсилатеральной стороны отсутствуют. В правой височной доле линейная связь между указанными переменными характеризуется как отрицательная, слабая, в левой височной доле – отрицательная,

средняя по силе

Выводы. Корреляционные связи между величинами индекса лакунарности поверхностного артериального русла и наружным диаметром внутренней сонной артерии ипсилатеральной стороны установлены только у мужчин в правой и левой лобных долях. У женщин корреляционные связи между изучаемыми переменными отсутствуют или носят случайный характер.

Ключевые слова: индекс лакунарности, мультифрактальный анализ, артерии мозга.

Yu.V. Dovgyallo

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

DEPENDENCE OF THE LACUNARITY INDEX OF THE BRAIN HEMISPHERES CONVEXITAL ARTERIAL BED ON THE EXTERNAL DIAMETER OF THE INTERNAL CAROTID ARTERY (GENDER ASPECT)

The arterial bed of functionally different organs can be represented as a fractal structure, which can be described by a number of numerical parameters that make it possible to characterize the fractal quantitatively, and therefore objectively. One of these parameters is the lacunarity index, which describes the uniformity of the distribution of fractal elements over an area of a certain size. Studying the spatial geometry features of the cerebral hemispheres superficial arterial bed, depending on gender, age and a number of other factors, will help prevent the development of acute and chronic cerebrovascular accidents.

The purpose of this work was to study the dependence of the superficial arterial bed lacunarity index value on the external diameter of the internal carotid artery, depending on gender.

Material and methods. In accordance with the goal and objectives of the work, the lacunarity index of the superficial arterial bed of the cerebral hemispheres convexital surface was determined for 96 people of both sexes who died from causes not associated with diseases of the cardiovascular or nervous systems (48 men and 48 women) according to the box counting method.

The external diameter of the internal carotid artery (in mm) was determined in its cerebral section using a Calibron caliper with an electronic and mechanical scale.

Results and discussion. To solve the problem, the presence and nature of correlations between the external diameter of the internal carotid artery and the lacunarity

index of the convexital surface superficial arterial bed of the frontal, temporal and parietal lobes of the ipsilateral cerebral hemispheres, depending on gender, were established. It was founded that in the group of persons, both male and female, there are no linear correlations between the values of the lacunarity index and the external diameter of the internal carotid artery of the ipsilateral side without taking into account the lobe of the hemisphere.

In men, no linear correlations were founded between the indicated values in the right and left parietal, right and left temporal lobes. Negative, moderate in strength, linear correlations were founded in both frontal lobes.

In women, other patterns are observed: in the right and left frontal lobes, right and left parietal lobes, there are no linear correlations between the values of the lacunarity index of the superficial arterial bed of the corresponding lobes and the values of the external diameter of the internal carotid artery on the ipsilateral side. In the right temporal lobe, the linear relationship between these variables is characterized as negative, weak, in the left temporal lobe - negative, average in strength

Conclusions. Correlation between the values of the lacunarity index of the superficial arterial bed and the external diameter of the internal carotid artery of the ipsilateral side was established only in men in the right and left frontal lobes. In women, correlations between the studied variables are absent or random.

Key words: lacunarity index, multifractal analysis, cerebral arteries.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федер Е. Фракталы (пер. с англ. Ю.А. Данилов, А. Шукуров). М.: Мир; 1991. 254.
2. Степаненко А.Ю. Асимметрия структуры поверхностного сосудистого русла мозжечка человека. Морфология. 2017; 2: 46-51.
3. Трушель Н. А. Морфологические предпосылки развития нарушений мозгового кровообращения. Вестник ВГМУ. 2016; 15 (2): 44-51.
4. Гончар И.А. Прогрессирующий ишемический инсульт: функциональный исход и выживаемость. Медицин-

REFERENCES

1. Feder E. Fraktaly (per. s angl. Yu.A. Danilov, A. Shukurov). M.: Mir; 1991. 254 (in Russian).
2. Stepanenko A.Yu. Asimetriya struktury poverkhnostnogo sosudistogo rusla mozzhechka cheloveka. Morfologiya. 2017; 2: 46-51 (in Russian).
3. Trushel' N. A. Morfologicheskie predposylki razvitiya narushenii mozgovogo krovoobrashcheniya. Vestnik VGMU. 2016; 15(2): 44-51 (in Russian).
4. Gonchar, I.A. Progressiruyushchii ishemicheskii insul't: funktsional'nyi iskhod i vyzhivaemost'. Meditsinskie novosti. 2015; 2: 68-71 (in Russian).

- ские новости. 2015; 2: 68-71.
5. Стаховская Л.В. Эпидемиология инсульта в России по результатам территориально-популяционного регистра (2009-2010). Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2013; 5: 4-10.
 6. Фомин Н.Ф. Учение В.Н. Шевкуненко об индивидуальной анатомической изменчивости органов и систем тела человека – материалистический взгляд на анатомическую норму. Вестник Российской военно-медицинской академии. 2017; 3: 6-10.
 7. Plotnick R.E., Gardner R.H., Hargrove W.W., Prestegard K., Perlmutter M. Lacunarity analysis: a general technique for the analysis of spatial patterns. Physical Review E. Statistical Physics, Plasmas, Fluids, Related Interdisciplinary Topics. 1996; 53 (5): 5461-5468.
 8. Лях Ю.Е., Гурьянов В.Г., Хоменко В.Н., Панченко О.А. Основы компьютерной биостатистики. Д.: Папакица Е.К.; 2006. 214.
 9. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы: пер. с англ. М.: Ин-т компьютерных исслед.; 2002. 656.
 5. Stakhovskaya, L. V. Epidemiologiya insul'ta v Rossii po rezul'tatam territorial'no-populyatsionnogo registra (2009-2010). Zhurnal nevrologii i psikiatrii im. S.S. Kor-sakova. 2013; 5: 4-10 (in Russian).
 6. Fomin N.F. Uchenie V.N. Shevkunenko ob individual'noi anatomicheskoi izmenchivosti organov i sistem tela che-loveka – materialisticheskii vzglyad na anatomicheskuyu normu. Vestnik Rossiiskoi voenno-meditsinskoi akademii. 2017; 3: 6-10 (in Russian).
 7. Plotnick R.E., Gardner R.H., Hargrove W.W., Prestegard K., Perlmutter M. Lacunarity analysis: a general technique for the analysis of spatial patterns. Physical Review E. Sta-tistical Physics, Plasmas, Fluids, Related Interdisciplinary Topics. 1996; 53(5): 5461-5468.
 8. Lyakh Yu.E., Gur'yanov V.G., Khomenko V.N., Panchen-ko O.A. Osnovy komp'yuternoi biostatistiki. D.: Papakitsa E.K.; 2006. 214 (in Russian).
 9. Mandel'brot B. Fraktal'naya geometriya prirody: per. s angl.. M.: In-t komp'yuternykh issled.; 2002. 656 (in Rus-sian).