

УДК 611.817.1

*А.Ю. Степаненко**Харьковский национальный медицинский университет***ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТНОЙ СОСУДИСТОЙ СЕТИ МОЗЖЕЧКА**

Исследованы закономерности изменчивости структуры поверхностной сосудистой сети мозжечка, ее зависимость от массы и формы мозжечка. Проведена морфометрия методом фрактального анализа с расчетом значений фрактального индекса. Установлено, что структура поверхностной сосудистой сети зависит от массы – с увеличением массы разветвленность сосудистой сети возрастает, что проявляется ростом значений фрактального индекса. Фрактальный индекс поверхностной сосудистой сети возрастает также при увеличении относительной длины и высоты и уменьшении относительной ширины мозжечка.

Ключевые слова: человек, мозжечок, сосуды, индивидуальная изменчивость.

Острые нарушения мозгового кровообращения представляют собой важную медицинскую и медико-социальную проблему. В Украине ежегодно диагностируют более 130 тыс. случаев острых нарушений мозгового кровообращения, смертность от которых составляет 30 % [1]. Среди ишемических инфарктов головного мозга 5,7 % приходится на инфаркты мозжечка, а среди всех случаев геморрагий головного мозга частота поражений мозжечка составляет от 4 до 10 % [2]. Мозжечок обеспечивает не только контроль равновесия и координацию движений, но и сложные когнитивные процессы в организме [3, 4].

Разработка методов диагностики риска развития и профилактики острых нарушений мозгового кровообращения требует глубокого понимания закономерностей строения сосудистых сетей разных отделов ЦНС.

Многообразие вариантов строения поверхностной сосудистой сети может быть описано с помощью трех традиционных типов: магистрального, промежуточного и рассыпного. При магистральном типе строения поверхностной сосудистой сети магистральные сосуды представляют собой крупные дочерние ветви в небольшом количестве, которые, как правило, не образуют анастомозов между собой; между мелкими дочерними ветвями 3-го и меньших порядков имеется небольшое количество анастомозов. Сосудистая сеть в целом не густая, между

магистральными сосудами имеются заметные бессосудистые промежутки. При противоположном – рассыпном типе строения магистральные сосуды разветвляются на большое количество дочерних ветвей. Между ветвями всех порядков имеется большое количество анастомозов. В целом сосудистая сеть на поверхности мозжечка плотная, бессосудистые промежутки небольшие. При промежуточном типе строения поверхностной сосудистой сети на поверхности мозжечка магистральные сосуды не разветвленные, но между их дочерними ветвями имеется большое количество анастомозов, которые формируют достаточно густую сосудистую сеть, но встречаются и большие бессосудистые промежутки [5, 6].

Несмотря на достаточно четкие критерии, применяемые для характеристики поверхностного сосудистого русла, конкретный выбор варианта ветвления достаточно субъективен. Объективная же оценка базируется на количественных данных, полученных в результате морфометрии [7]. Мы предложили использовать фрактальный анализ для исследования структуры сосудистого русла поверхности мозжечка и фрактальный индекс в качестве морфометрического критерия разветвленности сосудистой сети [8]. Фрактальный индекс поверхностной сосудистой сети мозжечка – количественный морфометрический показатель, значения которого распределены по нормальному закону, что

© А.Ю. Степаненко, 2017

позволяет использовать критерии M (среднее значение) и σ (среднее квадратическое отклонение) для определения типа строения поверхностной сосудистой сети. Промежуточному типу соответствуют значения, лежащие в диапазоне $(M \pm \sigma)$, то есть от 1,421 до 1,619; магистральному – от (\min) до $(M - \sigma)$, то есть от 1,360 до 1,420; рассыпному – от $(M + \sigma)$ до (\max) , то есть от 1,620 до 1,816 [8].

Цель данного исследования – установить закономерности изменчивости структуры поверхностной сосудистой сети мозжечка, ее зависимость от массы и формы мозжечка.

Материал и методы. Исследование проведено на базе Харьковского областного бюро судебно-медицинской экспертизы на 100 объектах – мозжечках трупов людей обоего пола, умерших от причин, не связанных с патологией мозга, в возрасте 20–95 лет. Мозжечок фиксировали в течение месяца в 10%-ном растворе формалина. Поверхность мозжечка фотографировали с помощью зеркального цифрового фотоаппарата, после чего проводили анализ оцифрованных изображений. Фрактальный индекс определяли по оригинальной методике, описанной ранее [8]. Характер статистического распределения значений фрактального индекса оценивали методами вариационной статистики. Строили графики линейной зависимости и рассчитывали уравнения регрессии, точность которых оценивали по коэффициенту достоверности аппроксимации (R^2). Силу корреляционной связи между значениями фрактального индекса

разных участков коры оценивали по величине коэффициента корреляции r (Пирсона).

Результаты. Значения фрактального индекса поверхностной сосудистой сети мозжечка у мозжечков разной массы представлены на рис. 1. Чтобы исключить влияние формы мозжечка на взаимосвязь массы мозжечка и величины фрактального индекса, исследование провели в группе пропорциональных мозжечков ($n=40$).

Как видно из данных рис. 1, увеличение массы мозжечка отражается на величине фрактального индекса поверхностной сосудистой сети: он возрастает. Характер линейной зависимости описывает уравнение

$$y = 0,0056x + 0,7 \quad (R^2 = 0,3),$$

где x – масса;

y – ФИ ПСС мозжечка.

Связь фрактального индекса поверхностной сосудистой сети и массы имеет достаточно высокую ($r=0,6$) и статистически значимую ($p<0,05$) корреляционную силу. Мозжечки малой массы имеют магистральный или близкий к нему тип строения поверхностной сосудистой сети, мозжечки большой массы – соответствующий рассыпному типу строения. Масса мозжечков, имеющих рассыпной тип строения поверхностной сосудистой сети, больше массы мозжечков с магистральным типом строения.

Форма мозжечка определяется соотношением его линейных размеров. Зависимость величины фрактального индекса поверхностной сосудистой сети мозжечка человека

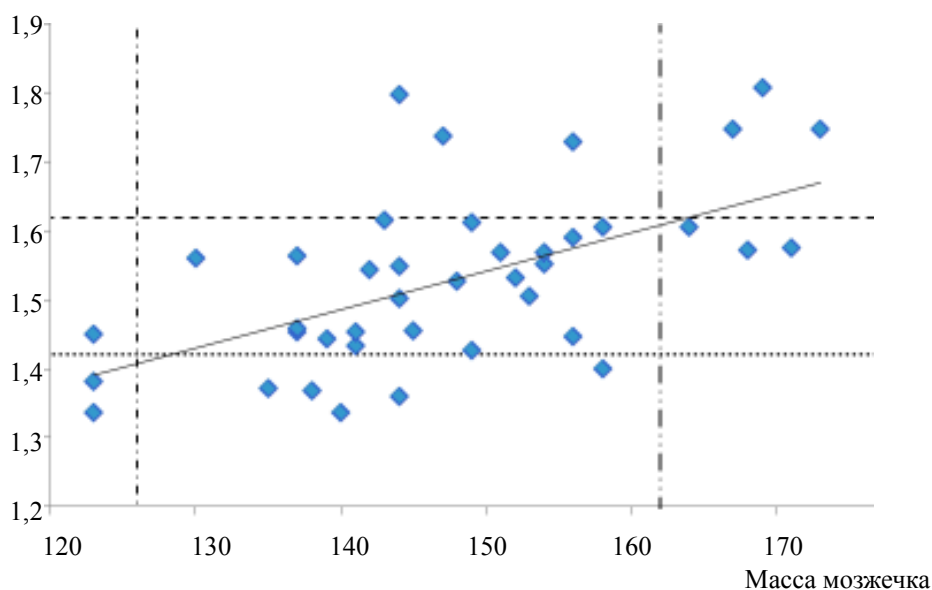


Рис. 1. Взаимосвязь величины фрактального индекса поверхностной сосудистой сети мозжечка и его массы

от трех факторов формы – соотношений линейных размеров, представлена на рис. 2–4. Исследование проведено на 40 мозжечках средней массы, чтобы исключить влияние массы на фрактальный индекс.

Как видно из данных рис. 2, у относительно длинных и коротких мозжечков (имеющих малые значения соотношения ширины и длины) встречаются значения фрактального индекса, соответствующие рассыпному и промежуточному типам строения, у относительно коротких и широких мозжечков значения фрактального индекса более соответствуют магистральному типу. Фрактальный индекс

поверхностной сосудистой сети связан с соотношением ширина/длина статистически значимой ($p < 0,05$) корреляционной связью средней силы ($r = -0,5$) и описывается уравнением $y = -0,597x + 2,5674$ ($R^2 = 0,2633$).

Зависимость значений фрактального индекса поверхностной сосудистой сети мозжечка человека от другого фактора формы – соотношения ширина – высота, представлена на рис. 3.

Как видно из данных рис. 3, у относительно высоких и коротких мозжечков значения фрактального индекса больше, чем у относительно коротких и широких. Фрактальный индекс

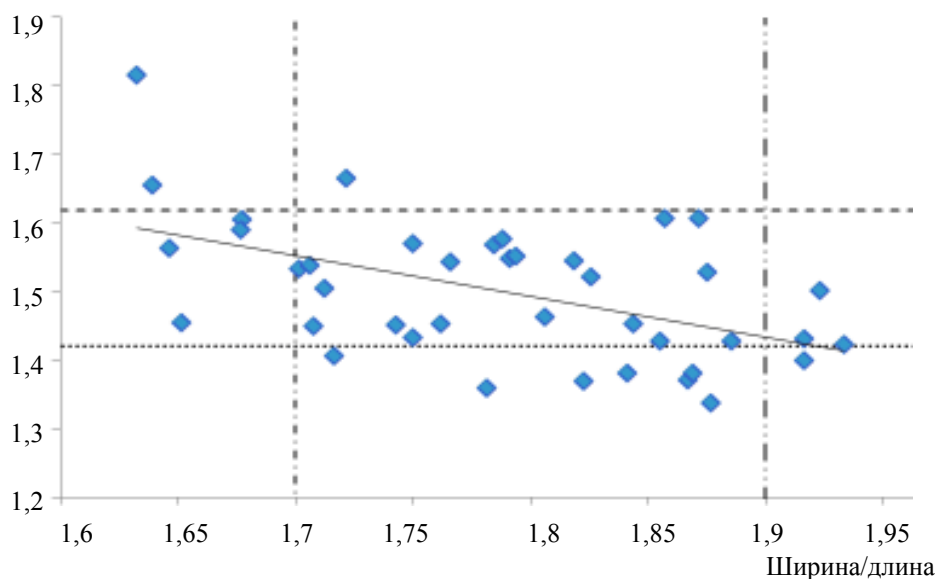


Рис. 2. Соотношение значений фрактального индекса и соотношения ширина-длина мозжечка человека

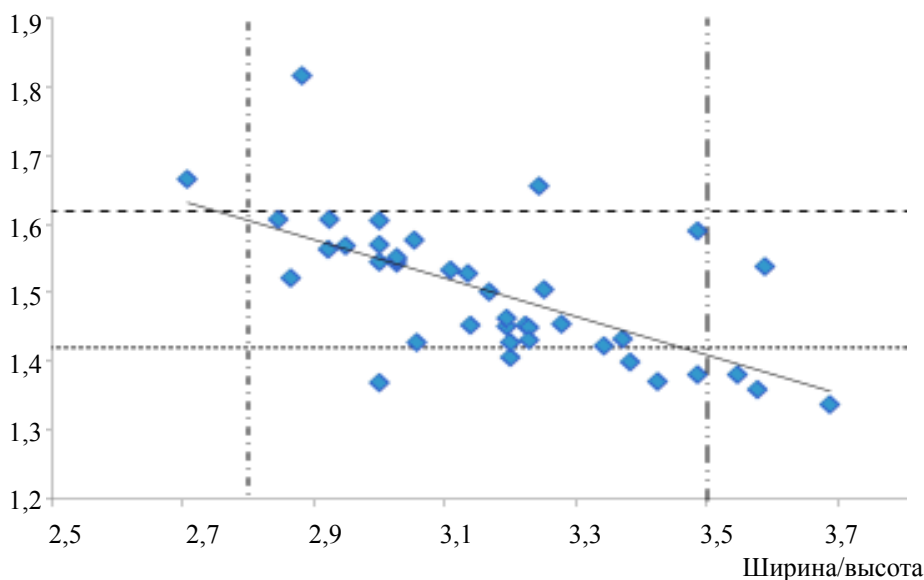


Рис. 3. Соотношение значений фрактального индекса и соотношения ширина-высота мозжечка человека

индекс поверхностной сосудистой сети связан с соотношением «ширина/высота» статистически значимой ($p < 0,05$) корреляционной связью средней силы ($r = -0,64$) и описывается уравнением

$$y = -0,2811x + 2,3923 \quad (R^2 = 0,4129).$$

Зависимость фрактального индекса поверхностной сосудистой сети мозжечка человека от третьего фактора формы – соотношения длина-высота, представлена на рис. 4.

зывается достаточно для кровоснабжения ткани мозжечка. Нет необходимости в сосудистых анастомозах и большом количестве ветвлений. Строение сосудистой сети соответствует магистральному типу. У мозжечков большой массы соответственно большая по сравнению с маленькими мозжечками площадь поверхности. Ограниченное количество магистральных сосудов компенсируется их ветвлением и формированием анастомозов.

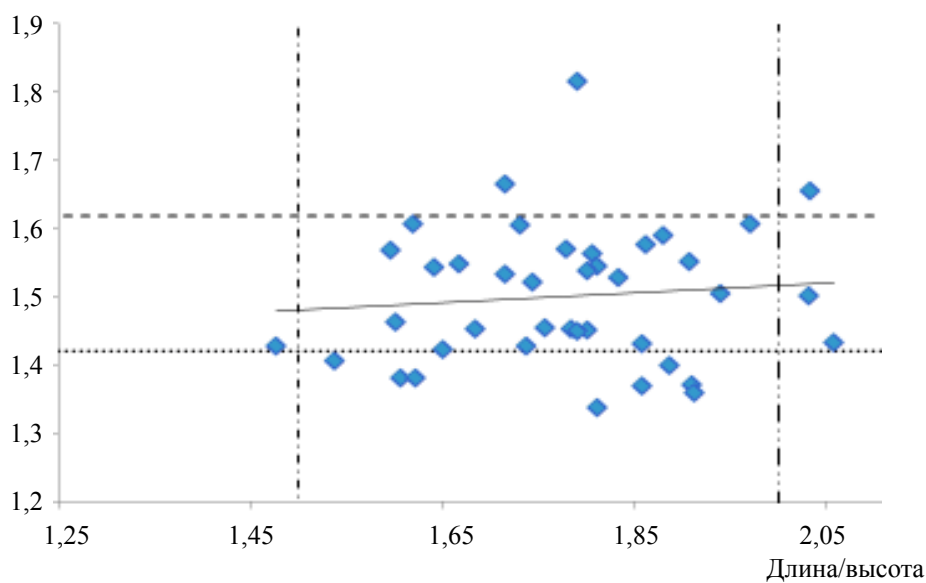


Рис. 4. Соотношение значений фрактального индекса и соотношения ширина-высота мозжечка человека

Как видно из данных рис. 4, соотношение длины и высоты мозжечка не влияет на структуру его поверхностной сосудистой сети. Корреляционная связь слаба ($r = -0,1$) и статистически не значима ($p > 0,05$), линия регрессии почти параллельна прямой X

$$y = 0,073x + 1,34 \quad (R^2 = 0,01).$$

Обсуждение. Поверхностная сосудистая сеть обеспечивает кровоснабжение мозжечка – его коры, белого вещества и ядер [5]. Структура поверхностной сосудистой сети индивидуальна у каждого человека, при этом в целом достаточно разнообразна. Поверхностная сосудистая сеть мозжечка образована, как правило, тремя парами артерий – верхней, передней нижней и задней нижней – и сопровождающими их венами.

Масса является прямым показателем величины органа. Как показывают результаты исследования, структура поверхностной сосудистой сети связана с массой мозжечка. У небольших мозжечков, имеющих малую массу, площадь поверхности относительно небольшая, и небольшого количества основных артериальных и венозных ветвей ока-

Тип ветвления соответствует рассыпному.

Изменением площади поверхности объясняется и динамика структуры поверхностной сосудистой сети при изменении линейных размеров и их соотношений, то есть мозжечков разной формы. Относительно широкие мозжечки имеют магистральный тип строения сосудистой сети: основные сосудистые стволы делятся на несколько главных ветвей, которые в силу растянутости мозжечка в ширину мало анастомозируют между собой. Наоборот, узкая форма мозжечка создает предпосылки для развития сосудистых анастомозов. Особенность пространственной геометрии мозжечка такова, что на форму поверхности влияют, с одной стороны, ширина, с другой – перпендикулярные к ней длина и ширина вместе. Поэтому изменение их соотношения, в отличие от двух других соотношений линейных размеров, не влияет на структуру поверхностной сосудистой сети.

Выявленные закономерности строения сосудистой сети мозжечка указывают на два фактора риска развития сосудистых заболеваний мозжечка, связанных с ее строени-

ем. Первый – сам тип структуры. Магистральный тип более уязвим при тромбозе и эмболии сосудов, рассыпной – более чувствителен к ишемии вследствие меньшего общего диаметра сосудов.

Второй фактор риска – несоответствие структуры поверхностной сети мозжечка его массе и форме, то есть отклонение значений фрактального индекса за пределы «нормального» интервала значений.

Выводы

1. Структура поверхностной сосудистой сети мозжечка вариабельна. Ее изменчивость зависит от величины и формы мозжечка.

Список литературы

1. Волошин П.В., Тайцлин В.И. Лечение сосудистых заболеваний головного и спинного мозга. М.: Знание, 1999. 557 с.
2. Крылов В.В., Дашьян В.Г., Мурашко А.А. и др. Хирургическое лечение гипертензивных кровоизлияний в мозжечок // Неврологический журнал. 2008. № 3. С. 26–32.
3. Калиниченко С.Г., Мотавкин П.А. Кора мозжечка. М.: Наука, 2005. 320 с.
4. Catherine J., Schmahmann S.D., Schmahmann J.D. Evidence for topographic organization in the cerebellum of motor control versus cognitive and affective Cortex. 2010. Vol. 46, № 7. P. 831–844.
5. Дяченко О.П. Артеріовенозні взаємовідносини мозочка брахіцефалів // Український морфологічний альманах. 2008. Т. 6, № 4. С. 36–38.
6. Дяченко О.П. Артеріовенозні взаємовідносини мозочка мезоцефалів // Український морфологічний альманах. 2009. Т. 7, № 1. С. 31–34.
7. Автандилов Г.Г. Медицинская морфометрия: руководство. – Москва: Медицина, 1990. 350 с.
8. Степаненко А.Ю., Марьенко Н.И. Фрактальный анализ как метод морфометрического исследования поверхностной сосудистой сети мозжечка человека // Медицина сьогодні і завтра, 2015. № 4 (69). С. 50–55.

А.Ю. Степаненко

ЗАКОНОМІРНОСТІ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ МІНЛИВОСТІ СТРУКТУРИ ПОВЕРХНЕВОЇ СУДИННОЇ МЕРЕЖІ МОЗОЧКА ЛЮДИНИ

Досліджено закономірності мінливості структури поверхневої судинної мережі мозочка, її залежність від маси і форми мозочка. Проведена морфометрія методом фрактального аналізу з розрахунком значень фрактального індексу. Встановлено, що структура поверхневої судинної мережі залежить від маси – зі збільшенням маси розгалуженість судинної мережі зростає, що проявляється зростанням значень фрактального індексу. Фрактальний індекс поверхневої судинної мережі зростає також при збільшенні відносної довжини й висоти та зменшенні відносної ширини мозочка.

Ключові слова: людина, мозочок, судини, індивідуальна мінливість.

A.Yu. Stepanenko

PATTERNS OF INDIVIDUAL VARIABILITY IN THE STRUCTURE OF VASCULAR NETWORK OF HUMAN CEREBELLUM

The patterns of variability in the structure of the cerebellar superficial vascular network, its dependence on the mass and shape of the cerebellum are investigated. Morphometry was carried out by the method of fractal analysis with the calculation of the values of the fractal index. It is established that the structure of the superficial vascular network of envy from the mass – with increasing mass, the branching of the vasculature increases, which is manifested by an increase in the values of the fractal index. Fractal index of the superficial vascular network also increases with an increase in the relative length and height and a decrease in the relative width of the cerebellum.

Keywords: man, cerebellum, vessels, individual variability.

Поступила 09.12.17