

## ОСОБЛИВОСТІ АНГІОАРХІТЕКТОНІКИ ШЛУНКА ЩУРІВ У НОРМИ

ОСОБЛИВОСТІ АНГІОАРХІТЕКТОНІКИ ШЛУНКА ЩУРІВ У НОРМИ – Експерименти проведено на 12-ти інтактних білих лабораторних щурах. Для гістологічного дослідження забирали шматочки тканин із різних відділів шлунка. Морфометричну оцінку інтраорганних судин здійснювали за допомогою окуляр-мікрометра MOV-1-15 $\times$  шляхом визначення величини зовнішнього (d) і внутрішнього (d<sub>1</sub>) діаметрів, товщини м'язової оболонки. Оцінку функціонального стану судин проводили шляхом вирахування індексу Вогенворта. Просторову організацію кровоносного русла вивчали на контрастних рентгенангіограмах. Джерелом кровопостачання шлунка є непарна черевна артерія, яка відходить від аорти відразу під ніжками діафрагми. Від черевної артерії відгалужується ліва шлункова артерія, яка, повертаючись до кардіального отвору, розділяється на дві гілки, що ідуть до обох поверхонь шлунка. Водночас, у шлунку щурів не контуруються шлунково-сальникові артерії по його великій кривизні. При кількісній оцінці рентгенангіограм було встановлено, що діаметр лівої шлункової артерії складає (0,81 $\pm$ 0,01) мм, зменшуючись поступово у міру галуження судин. Щодо ступеня симетрії H<sub>2</sub>, то він, навпаки, наростає із кожним порядком галуження, причому його приріст із кожною наступною біфуркацією сягає 16–19 %, наростає також коефіцієнт галуження k. При обчисленні коефіцієнта звивистості було отримано наступні дані в судинах різної генерації: у галуженнях першого порядку  $\Delta t = 6,67 \pm 1,05$ , у галуженнях другого порядку  $\Delta t = 7,50 \pm 1,71$  і у галуженнях третього порядку  $\Delta t = 10,83 \pm 1,54$ . Результати проведених морфометричних досліджень артеріального русла шлунка інтактних щурів дозволили встановити зменшення діаметра просвіту і товщини середньої оболонки з векторним спрямуванням від магістральних судин до капілярів. Разом з тим, індекс Вогенворта мав протилежну спрямованість, тобто із зменшенням калібру судин величина даного показника наростала, що може бути відображенням функціонального стану і функціональної активності різних за калібром судин. Тобто іншими словами, із зменшенням калібру артерій зростає їх васомоторний потенціал. Причому градієнт зниження рівня індексу Вогенворта від попереднього порядку до наступного складає 20–23 %.

ОСОБЕННОСТИ АНГІОАРХІТЕКТОНІКИ ЖЕЛУДКА КРЫС В НОРМЕ – Експерименти проведено на 12-ти інтактних білих лабораторних крысах. Для гістологічного дослідження забирали кусочки тканин із різних відділів желудка. Морфометричну оцінку інтраорганних судин здійснювали за допомогою окуляр-мікрометра MOV-1-15 $\times$  шляхом визначення величини зовнішнього (d) і внутрішнього (d<sub>1</sub>) діаметрів, товщини м'язової оболонки. Оцінку функціонального стану судин проводили шляхом вирахування індексу Вогенворта. Просторову організацію кровоносного русла вивчали на контрастних рентгенангіограмах. Істочником кровопостачання желудка є непарна черевна артерія, яка відходить від аорти відразу під ніжками діафрагми. Від черевної артерії відгалужується ліва желудочна артерія, яка, повертаючись до кардіального отвору, розділяється на дві гілки, що ідуть до обох поверхонь желудка. Одночасно, в желудку щурів не контуруються шлунково-сальникові артерії по його великій кривизні. При кількісній оцінці рентгенангіограм було встановлено, що діаметр лівої желудочної артерії складає (0,81 $\pm$ 0,01) мм, зменшуючись поступово у міру галуження судин. Щодо ступеня симетрії H<sub>2</sub>, то він, навпаки, наростає із кожним порядком галуження, причому його приріст із кожною наступною біфуркацією сягає 16–19 %, наростає також коефіцієнт галуження k. При обчисленні коефіцієнта звивистості було отримано наступні дані в судинах різної генерації: у галуженнях першого порядку  $\Delta t = 6,67 \pm 1,05$ , у галуженнях другого порядку  $\Delta t = 7,50 \pm 1,71$  і у галуженнях третього порядку  $\Delta t = 10,83 \pm 1,54$ . Результати проведених морфометричних досліджень артеріального русла желудка інтактних щурів дозволили встановити зменшення діаметра просвіту і товщини середньої оболонки з векторним спрямуванням від магістральних судин до капілярів. Разом з тим, індекс Вогенворта мав протилежну спрямованість, тобто із зменшенням калібру судин величина даного показника наростала, що може бути відображенням функціонального стану і функціональної активності різних за калібром судин. Тобто іншими словами, із зменшенням калібру артерій зростає їх васомоторний потенціал. Причому градієнт зниження рівня індексу Вогенворта від попереднього порядку до наступного складає 20–23 %.

получены следующие данные в сосудах различной генерации: в ветвление первого порядка  $\Delta t = 6,67 \pm 1,05$ , в ветвления второго порядка  $\Delta t = 7,50 \pm 1,71$  и в ветвления третьего порядка  $\Delta t = 10,83 \pm 1,54$ . Результаты проведенных морфометрических исследований артериального русла желудка интактных крыс позволили установить уменьшение диаметра просвета и толщины средней оболочки с векторным направлением от магистральных сосудов к капиллярам. В то же время, индекс Вогенворта имел противоположную направленность, то есть с уменьшением калибра сосудов величина данного показателя нарастала, что может быть отражением функционального состояния и функциональной активности различных по калибру сосудов. То есть другими словами, с уменьшением калибра артерий возрастает их васомоторный потенциал. Причем градиент снижения уровня индекса Вогенворта от предыдущего порядка к следующему составлял 20–23 %.

FEATURES OF ANGIOARCHITECTONICS STOMACH OF RATS IN NORM – The experiments were carried out on 12 intact white laboratory rats. Slices of tissue from different parts of the stomach were taken for histological examination. The morphometric assessment of intraorgan vessels was performed with Eyepiece Micrometer MOV-15 $\times$  – Zeiss by determining the size of external (d) and inner (d<sub>1</sub>) diameter, thickness of muscle membrane. The evaluation of the functional state of vessels was carried out by subtracting the Vogenvort index. The spatial organization of bloodstream was examined on contrast x-ray angiography. The celiac artery, which supplies blood to the stomach, departs from the aorta just below the feet of the diaphragm. The left gastric artery, which branches from the celiac artery, returns to the cardiac orifice, divides into two branches, which extend to both surfaces of the stomach. At the same time, gastroepiploic artery in its greater curvature is not contoured in the rats' stomachs. The quantity analysis of x-ray angiographies determined, that the diameter of the left gastric artery was (0.81 $\pm$ 0.01) mm, decreased gradually as branching vessels. Concerning the degree of the symmetry of the coefficient H<sub>2</sub>, it is, on the contrary, grew with every new branching, besides, its growth on each of the following bifurcation reached 16-19%, the branching factor k also grew. By calculating the tortuosity factor the following data were obtained in the vessels of different generation: the first branching course  $\Delta t = 6.67 \pm 1.05$  the second branching course  $\Delta t = 7.50 \pm 1.71$ , and the third branching course  $\Delta t = 10.83 \pm 1.54$ . The results of the morphometric study of the arterial bed of the intact rats' stomachs allow to define the reduction of luminal diameter and the thickness of the tunica media with the vector direction from the major vessels to the capillaries. Withal, the Vogenvort index has an opposite direction, in other words, its index increases with a decrease of the vessels caliber, which may be a reflection of the functional state and functional activity of vessels of different caliber. So, in other words, a decrease of the arteries' caliber increases their vasomotor capacity. Moreover, a gradient of reduction of the Vogenvort index from a previous course to the next is 20–23 %.

**Ключові слова:** шлунок, морфометрія, ангіографія.

**Ключевые слова:** желудок, морфометрия, ангиография.

**Key words:** stomach, morphometry, angiography.

**ВСТУП** Встановлення характеру та особливостей перебудови кровоносної системи за умов порушеної гемоциркуляції є одним із пріоритетних завдань сучасної морфології [1, 2]. Ефективним методом вивчення закономірностей розвитку структурно-просторових змін, що виникають при різноманітних захворюваннях, є їх

відтворення в експерименті [3–5]. При цьому основним завданням експериментального моделювання полягає у тому, щоб на основі проведення аналогії з нормою отримати необхідні дані про особливості перебігу даного патологічного процесу [6, 7]. Що торкається анатомії шлунка лабораторних щурів і, зокрема, його кровоносного русла, то вона описана в літературі ще досить мало, а наявні окремі дані не є систематизованими [8], разом з тим, як відомо, що форма, будова і топографія шлунка у хребетних тварин варіюють значною мірою [9, 10].

Метою роботи було дати комплексну просторову, структурну і кількісну морфометричну характеристики артерій шлунка білих лабораторних щурів.

**МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ** Для проведення дослідження використано шлунки 12-ти інтактних білих лабораторних щурів-самців масою тіла 180,0–200,0 г.

Для гістологічного дослідження шматочки тканин із різних відділів шлунка фіксували в 10 % розчині нейтрального формаліну, рідини Карнуа і в 96° спирті. Гістологічні зрізи забарвлювали гематоксиліном і еозином, резорцин-фуксином за Вейгертом.

Морфометричну оцінку інтраорганичних судин здійснювали за допомогою окуляр-мікрометра МОВ-1-15× шляхом визначення величини зовнішнього (d) і внутрішнього (d<sub>1</sub>) діаметрів. Товщину м'язової оболонки (ТМ) розраховували за формулою [11]:

$$ТМ = \frac{d - d_1}{2} \quad (2.1)$$

Оцінку функціонального стану судин проводили шляхом вираховування ІВ – індекса Вогенворта [11], тобто відношення площі середнього шару артерій до площі їх просвіту:

$$ІВ = (SM / SPr) 100 \%, \quad (2.2)$$

Для морфометричного вивчення галузей шлункових артерій їх гілки було поділено на три групи: крупні (із зовнішнім діаметром 126–150 мкм), середні (51–125 мкм) і дрібні (26–50 мкм). Подібні градації судинних русел ми знаходимо і в інших авторів [1, 2].

Просторову організацію кровоносного русла вивчали шляхом контрастної рентгенангіографії. Кількісну оцінку просторової організації судин проводили за оригінальною методикою [12], згідно з якою у судинному трійнику вимірювали діаметр основного стовбура (D<sub>0</sub>), товстшої (D<sub>1</sub>) і тоншої (D<sub>2</sub>) гілок, сумарний кут галузнення (φ<sub>0</sub>) і його складові частини: кут відхилення товстшої (φ<sub>1</sub>) і тоншої (φ<sub>2</sub>) гілок наступних порядків, довжину основного стовбура (L).

На підставі вимірюваних характеристик трійника розраховували:

– коефіцієнт симетрії:

$$H_2 = \frac{D_2^2}{D_1^2 + D_2^2} \quad (2.3)$$

– коефіцієнт галузнення :

$$k = \frac{D_1^2 + D_2^2}{D_0^2} \quad (2.4)$$

– відносну довжину судини:

$$l_{\text{відн}} = \frac{L}{D_0} \quad (2.5)$$

Діаметри галузей легеневиких артерій біля їх усть вимірювали за допомогою біокулярної лупи МБС-2 з вимірювальною лінійкою в окулярі.

Враховуючи, що кровоносні судини формують чутливу систему, яка реагує на зміну будь-яких зовнішніх або внутрішніх факторів шляхом ремоделювання його основних параметрів, до яких входять кути галузнення φ<sub>1</sub> та φ<sub>2</sub>, до-

речним є визначення співвідношення між ними, яке зазнає зсуву за умов змінного гемодинамічного навантаження. Даний показник отримав назву “індекс співвідношення кутів галузнення” і визначався таким чином:

$$ІСКГ = \frac{\phi_1}{\phi_2} \quad (2.6)$$

де ІСКГ – індекс співвідношення кутів галузнення;

φ<sub>1</sub> – кут відхилення товстшої гілки, °;

φ<sub>2</sub> – кут відхилення тоншої гілки, °.

Ступінь звивистості шлункових артерій для отримання відносних величин, що піддаються кращому зіставленню, розраховували за формулою [13]:

$$\Delta t = (lk - ln) \cdot 100 \% / ln, \quad (2.7)$$

де Δt (tortuositas) – ступінь звивистості;

lk – істинна довжина судини між вибраними точками;

ln – відстань по прямій між двома точками відрахунку на судині.

Усі експериментальні дослідження проводили з дотриманням Правил проведення робіт із використанням експериментальних тварин.

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

При дослідженні кровоносного русла шлунка інтактних щурів на контрастних рентгенангіограмах чітко диференціюються основні артеріальні магістралі й їх галузнення наступних порядків (рис. 1).

Джерелом кровопостачання шлунка є непарна черевна артерія, яка відходить від аорти відразу під ніжками діафрагми. Від черевної артерії відгалужується ліва шлункова артерія, яка, повертаючи до кардіального отвору, розділяється на дві гілки, що ідуть далі й галузяться на обох поверхнях шлунка, кровопостачаючи його стінки і віддаючи до кожної із них 5–6 судин магістрального типу. Водночас, у шлунку щурів не контурюються при рентгенангіографії шлунково-сальникові артерії по його великій кривизні.

Конттури проходження перших двох порядків галузнення артерій близькі до прямолінійних і лише, починаючи з третього порядку, помітно наростає ступінь їх звивистості. У міру галузнення артерій спостерігається також і збільшення кутів їх біфуркацій. При кількісній оцінці контрастних рентгенангіограм було встановлено наступні величини показників. Діаметр лівої шлункової артерії у середньому складав (0,81±0,01) мм, зменшуючись поступово у міру галузнення судин. Щодо ступеня симетрії H<sub>2</sub>, то він, навпаки, наростає із кожним порядком галузнення (табл. 1), причому його приріст із кожною наступною біфуркацією

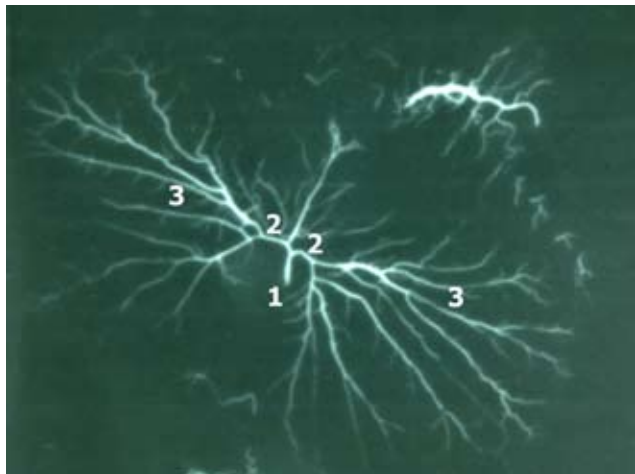


Рис. 1. Рентгенангіограма артерій шлунка інтактного щура: ліва шлункова артерія – 1, гілки першого порядку лівої шлункової артерії – 2, галузнення артерій на передній і задній стінках шлунка щура – 3.

Таблиця 1. Стереометричні показники галузень лівої шлункової артерії у інтактних щурів ( $M \pm m$ )

Порядок галузнення	Параметр						
	$D_0$	$D_1$	$D_2$	L	$H_2$	k	Івідн.
Перший	0,62±0,03	0,45±0,04	0,30±0,02	3,23±0,03	0,31±0,02	0,77±0,08	5,31±0,27
Другий	0,45±0,04	0,35±0,02	0,27±0,02	2,15±0,08	0,36±0,01	1,01±0,12	4,98±0,486
Третій	0,35±0,02	0,27±0,02	0,23±0,01	1,28±0,01	0,43±0,01	1,05±0,09	3,74±0,23

сягав 16–19 %, наростав також коефіцієнт галузнення k. Щодо абсолютної і відносної довжини відрізків судин між біфуркаціями, то вони мали тенденцію до зниження, причому зниження відносної довжини Івідн. свідчило про менш інтенсивне зниження абсолютної довжини порівняно із ступенем зниження діаметра.

Спостерігалось також і наростання величини кута галузнення у міру зменшення діаметрів складових біфуркацій (табл. 2). Про наростання ступеня симетрії галузень свідчило також зниження ІСКГ, який у першому порядку складав 3,71, у другому – 3,39 і 3,16 – у третьому.

При обчисленні коефіцієнта звивистості було отримано наступні дані в судинах різної генерації: у галузненнях першого порядку  $\Delta t = 6,67 \pm 1,05$ , у галузненнях другого порядку –  $\Delta t = 7,50 \pm 1,71$  і в галузненнях третього порядку –  $\Delta t = 10,83 \pm 1,54$ .

При гістологічному дослідженні судинного русла можна відмітити, що крупні артерії (із зовнішнім діаметром 126–150 мкм) – це судини екстраорганної локалізації, які структурно збудовані за змішаним м'язово-еластичним типом (рис. 2). До інтраорганних артерій належать судини середнього (із зовнішнім діаметром 51–125 мкм) і дрібно-го (із зовнішнім діаметром 26–50 мкм) калібру, які є вже типовими судинами м'язового типу.

Результати проведених морфометричних досліджень артеріального русла печінки шлунка інтактних щурів дозволили встановити зменшення діаметра просвіту і товщини середньої оболонки з векторним спрямуванням від магістральних судин до капілярів (табл. 3). Разом з тим, індекс Вогенворта мав протилежну спрямованість, тобто із зменшенням калібру судин величина даного

Таблиця 2. Показники величини кутів галузень і їх складових частин лівої шлункової артерії у інтактних щурів ( $M \pm m$ )

Порядок галузнення	Параметр		
	$\Phi_0$	$\Phi_1$	$\Phi_2$
Перший	66,00±1,03	14,00±0,37	52,00±1,00
Другий	76,00±0,89	17,17±0,60	58,33±1,02
Третій	82,50±0,92	19,83±0,60	62,67±1,26

Таблиця 3. Морфометрична характеристика шлункових артерій різного діаметра у інтактних щурів ( $M \pm m$ )

Порядок судин	Параметр			
	d зовн.	d вн.	ТМ	ІВ
Із зовнішнім діаметром 26–50 мкм	34,50±0,96	20,67±0,49	6,92±0,24	178,49±3,36
Із зовнішнім діаметром 51–125 мкм	71,00±0,86	46,17±0,70	12,42±0,15	136,69±2,70
Із зовнішнім діаметром 126–150 мкм	137,83±0,91	96,33±1,20	20,75±0,17	104,90±2,43

Таким чином, підводячи підсумок, можна сказати, що, маючи багато спільного у кровопостачанні із шлунком людини, шлунок щурів має свої певні особливості структурно-просторової організації кровоносного русла. Зокрема, це – кровопостачання практично лише за рахунок однієї лівої шлункової артерії зі сторони малої кривизни і відсутність чітко контурованих шлунково-сальникових артерій по великій кривизні. Слід також брати до уваги кількісні показники структурної організації кровоносних судин шлунка, які можуть складати основу для порівняння при моделюванні патологічних процесів і об'єктивної оцінки ступеня патологічних змін.



Рис. 2. Гістологічний зріз стінки шлунка інтактного щура. Забарвлення гематоксилином і еозином.  $\times 120$ : екстраорганні артерії змішаного типу – 1, м'язова оболонка – 2, серозна оболонка – 3.

показника наростала, що може бути відображенням функціонального стану і функціональної активності різних за калібром судин. Тобто іншими словами, із зменшенням калібру артерій зростає їх вазомоторний потенціал. Причому градієнт зниження рівня індексу Вогенворта від попереднього порядку до наступного складав 20–23 %.

**ВИСНОВОК** Особливістю кровопостачання шлунка щурів є те, що його основу складає ліва шлункова артерія з її розгалуженням на бокові стінки шлунка при відсутності шлунково-сальникових артерій по великій кривизні.

**Перспективи подальших досліджень** Подальші дослідження дозволять давати якісну і кількісну оцінку ступеня змін у кровоносних судинах шлунка щурів при моделюванні різноманітних патологічних процесів.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Шорманов И. С. Сосудистая система почек при стенозе легочного ствола с различным уровнем компенсации крово-

обращения / И. С. Шорманов // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2004. – Т. 137, № 3. – С. 332–335.

2. Шорманов С. В. Морфологические изменения сосудов печени при моделировании стеноза легочного ствола и после его устранения / С. В. Шорманов, С. В. Куликов // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2007. – Т. 144, № 9. – С. 342–345.

3. Давыдовский И. В. Проблема причинности в медицине (этиология) / И. В. Давыдовский. – М. : Медгиз, 1962. – С. 137–140.

4. Саркисов Д. С. Структурные основы адаптации и компенсации нарушенных функций / Д. С. Саркисов. – М. : Медицина, 1997. – 448 с.

5. Animal Models in Eye Research / A. Gwon, A. Panagiotis, I. M. Tsonis [et al.] // Academic Press. – 2007. – № 4. – P. 184–187.

6. Зиновьев А. А. Логическая модель как средство научного исследования / А. А. Зиновьев, И. И. Ревзин // Вопросы философии. – 1960. – № 1. – С. 82–90.

7. Фролов И. Т. Гносеологические проблемы моделирования биологических систем / И. Т. Фролов // Вопросы философии. – 1981. – № 2. – С. 39–51.

8. Петренко В. М. Форма и топография желудка у белой крысы / В. М. Петренко // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 4. – С. 227–229.

9. Ромер А. Анатомия позвоночных : пер. с англ. яз. / А. Ромер, Т. Парсонс. – М. : Изд-во "Мир", 1992. – Т. 2. – 406 с.

10. Шмальгаузен И. И. Основы сравнительной анатомии позвоночных животных. – 3-е изд-е. / И. И. Шмальгаузен. – М. : Госуд. учеб.-пед. изд-во наркомпроса РСФСР, 1938. – 488 с.

11. Автандилов Г. Г. Воспаление, как ответная реакция организмов на повреждение / Г. Г. Автандилов, В. С. Барсуков. – М. : МИА, 1993. – 12 с.

12. Шошенко К. А. Архитектоника кровеносного русла / К. А. Шошенко, А. С. Голуб, В. И. Брод. – Новосибирск : Наука, 1982. – 123 с.

13. Сомова В. В. К вопросу об извитости ретинальных сосудов / В. В. Сомова // Офтальмологический журнал. – 1987. – № 8. – С. 488–491.

Отримано 04.10.15