

DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-925

УДК 611.136.42+612.412



Научная статья

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП – «ОПТИМАЛЬНЫХ» И «НЕОПТИМАЛЬНЫХ» ДИХОТОМИЙ ВНУТРИОРГАННОГО АРТЕРИАЛЬНОГО РУСЛА СЕЛЕЗЕНКИ ЧЕЛОВЕКА

*А.Ш. Дадашев, О.К. Зенин, И.С. Милтых, Э.С. Кафаров*

**Обоснование.** Применение малоинвазивной хирургии требует детального знания об особенностях внутриорганный артериального русла селезенки. Перспективным направлением такого анализа является количественное исследование внутриорганный сосудистого русла паренхиматозных органов как фрактальной или квазифрактальной системы.

**Цель работы:** установить морфометрические особенности разных групп дихотомий («оптимальные»/«неоптимальные») внутриорганный артериального русла селезенки у лиц разного пола и возраста.

**Материалы и методы.** На коррозионных препаратах внутриорганный артериального русла селезенки (ВАРС) (67-ти людей, 1-го и 2-го периода зрелого возраста, обоего пола) были исследованы морфометрические особенности «оптимальных» и «неоптимальных» дихотомий (критерии оптимальности C.D. Murray и H. V. M. Ulings).

**Результаты.** Установлено, что «оптимальные» дихотомии в соответствии с критерием Murray C. D. составляли 1%, а в соответствии с критерием Ulings H. V. M. «оптимальные» дихотомии составляли 9% общего количества исследованных дихотомий коррозионных препаратов ВАРС. Относительное количество «оптимальных» дихотомий в составе ВАРС лиц мужского пола несколько больше, чем у женщин. Относительное количество «оптимальных» дихотомий в составе ВАРС лиц 1-го периода зрелого возраста меньше, чем у лиц 2-го периода зрелого возраста. «Оптимальные» дихотомии располагаются, в основном, на проксимальных генерациях и уровнях деления ВАРС, имеют большие размеры и являются менее симметричными по сравнению с «неоптимальными» дихотомиями.

**Заключение.** Величины морфометрических показателей разных групп дихотомий ВАРС представителей разного пола, а также лиц 1-го и 2-го периода зрелого возраста значимо отличаются, что следует учитывать при численном моделировании структуры ВАРС.

**Ключевые слова:** селезенка; внутриорганный артериальный русло; дихотомии; принцип оптимальности Ру

**Для цитирования.** Дадашев А.Ш., Зенин О.К., Милтых И.С., Кафаров Э.С. Сравнительный морфометрический анализ различных групп – «оптимальных» и «неоптимальных» дихотомий внутриорганный артериальный русла селезенки человека // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2023. Т. 15, №5. С. 52-73. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-925

Original article

## A COMPARATIVE MORPHOMETRIC ANALYSIS OF DIFFERENT GROUPS – “OPTIMAL” AND “NON-OPTIMAL” DICHOTOMIES IN SPLENIC ARTERIAL VASCULATURE OF HUMANS

*A.Sh. Dadashev, O.K. Zenin, I.S Miltykh, E.S. Kafarov*

**Background.** Detailed knowledge of the splenic arterial vasculature is essential for the minimally invasive surgery. A promising area of research in this regard is the quantitative analysis of the vasculatures of parenchymatous organs as a fractal or quasi-fractal system.”

**Purpose.** To determine the morphometric features in different groups of dichotomies ('optimal'/'non-optimal') of the splenic arterial vasculature in individuals of different sex and age.

**Materials and methods.** The morphometric features of 'optimal' and 'non-optimal' dichotomies (according to C.D. Murray's and H.B.M Ulings' criteria) were studied using corrosion casts of splenic arterial vasculature (67 individuals, 1st and 2nd adulthood period, both sexes).

**Results.** The 'optimal' dichotomies equaled 1% according to C.D. Murray's criteria and 9% by H.B.M. Ulings criteria out of total number of dichotomies investigated in splenic arterial vasculature corrosion casts. The relative amount of 'optimal' dichotomies is slightly higher in men than in female. Whereas relative number of 'optimal' dichotomies is lower in 1st adulthood period than in 2nd

*adulthood. 'Optimal' dichotomies are mainly located at the proximal generation and division level of splenic arterial vasculature. They are bigger in size, less symmetrical in comprising with 'non-optimal' ones.*

**Conclusion.** *Morphometric parameters vary significantly in different sex and age groups which should be considered for numerical modelling of splenic arterial vasculature.*

**Keywords:** *spleen; arterial vasculature; dichotomies; Roux's optimality principle*

**For citation.** *Dadashev A.Sh., Zenin O.K., Miltykh I.S., Kafarov E.S. A Comparative Morphometric Analysis of Different Groups – "Optimal" and "Non-optimal" Dichotomies in Splenic Arterial Vasculature of Humans. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2023, vol. 15, no. 5, pp. 52-73. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-925*

Селезенка является паренхиматозным органом, сравнимым по размеру с почкой и одним из самых больших лимфоидных органов человека. Ткань селезенки обильно васкуляризирована и, поэтому является сложным в оперативном смысле объектом, ее практически невозможно сшить. Обычно после повреждения селезенки проводят тотальную спленэктомию. Это приводит к снижению иммунитета и изменению гематологических показателей [15, 20, 25]. Появились работы, свидетельствующие о том, что можно выполнить частичную спленэктомию [25]. Применение малоинвазивной хирургии требует детального знания об особенностях внутриорганный артериального русла селезенки [36].

Перспективным направлением современной морфологии является количественное исследование внутриорганный сосудистого русла паренхиматозных органов как фрактальной или квазифрактальной системы. Структурным элементом такой системы является бифуркация (дихотомия) в соответствии с дихотомической концептуальной моделью [6, 16, 17]. Морфометрическое исследование артериальных дихотомий имеет теоретическое и практическое значение, еще и потому что, повреждения артерий, как правило, находятся в местах бифуркации (дихотомии) [3, 22]. Авторы работ [28, 38] указывают на то, что внутриорганный артериальные русла состоят из структурно неоднородных элементов – дихотомий, которые составляют различные группы («оптимальные»/«неоптимальные») и типы [2, 9].

В биологии существует принцип «оптимальности», основанный на минимизации затрат биологического материала и энергии при функционировании сосудистой дихотомии [12]. Принцип «оптимальности Вельгельма

Ру» лежит в основе теоретических построений «оптимального» артериального дерева. Предполагается, что основной функцией сосудистого разветвления является проведение крови с минимальными затратами энергии и биологического материала. По мнению многих авторов [12, 23, 30, 41], его реализация достигается путем согласования диаметров артериальных сегментов составляющих дихотомию.

Были проведены исследования, направленные на определение оптимального соотношения внутренних диаметров сосудистых сегментов с помощью математических методов [23, 38] и проведена проверка на практике [4, 23, 26]. Исследования проводились как для макроскопической части сосудистого русла (внутренний диаметр артерий более 2-3 мм) [23], так и для микроскопической (внутренний диаметр артерий менее 100 мкм) [4]. В дальнейшем была предпринята попытка численного моделирования артериального русла на основании теоретически разработанных показателей и практически установленных цифровых значений этих показателей [30].

Однако в этих исследованиях не был рассмотрен большой участок артериального русла селезенки, где внутренний диаметр артерий находился в пределах от 2-3 мм до 0,1 мм и входил в состав сети.

Это и явилось **целью работы** – установить морфометрические особенности разных групп дихотомий («оптимальные»/«неоптимальные») внутриорганного артериального русла селезенки у лиц разного пола и возраста.

### **Материалы и методы**

Были изготовлены (по стандартной методике [9]) и подвергнуты морфометрическому исследованию коррозионные препараты (слепки) ВАРС 67-ти людей, умерших от случайных причин. Лиц 1-го периода зрелого возраста было 33; 2-го периода зрелого возраста – 34. Мужчин 34 и женщин 33. Исследования выполнены в соответствии с европейскими нормами [18] и законодательством Российской Федерации. Пользовались возрастной периодизацией 1965 года [7].

Для изготовления коррозионных препаратов забор секционного материала проводили в соответствии со следующими **критериями включения**: селезенки, полученные на аутопсии, мужчины и женщины в возрасте от 21 до 60 (женщины 21-55, мужчины 22-60) лет, без патологии селезенки, масса 150—190 гр., отсутствие внешних повреждений. **Критерии исключения**: возраст умерших меньше 21 и больше 60 лет; механические повреждения органа; в анамнезе заболевания селезенки; визуально обна-

руженные деформации и аномалии сосудистого русла. Регистрировали: пол, возраст, дату смерти, дату вскрытия, дату эксперимента, вес органа, № протокол вскрытия, причину смерти. ВАРС рассматривали как дерево, где точки дихотомий - вершины, а артериальным сегменты – ветви [5]. Измеряли: D – диаметр сегмента (мм), L – его длину (мм) – кратчайшее расстояние между двумя дихотомиями. Точностью измерения до 0,01 мм. Минимальный диаметр составлял 0,1 мм. Полученные данные заносились в специальные таблицы (Microsoft Office Excel): первый столбец базы – номер протокола; 2 – возрастная группа; 3 – пол; 4 – условный адрес начала сегмента; 5 - условный адрес конца сегмента; 6 – D (мм); 7 – L (мм).

Определяли величины следующих показателей [5]:

1. Gr – номер генерации;

2. i – уровень деления;

3. FF1 – фактор формы,  $FF1 = \frac{2L}{D}$ ;

4.  $\eta$  – коэффициент ветвления,  $\eta = \frac{d_{max}^2 + d_{min}^2}{D^2}$ ,

5.  $\gamma$  – коэффициент асимметрии,  $\gamma = \left(\frac{d_{min}}{d_{max}}\right)^2$ .

Для получения представительной выборки использовали методикой Автандилова Г. Г. [1]. Определяли оптимальный объем выборки с использованием известного уравнения [10].

Статистический анализ включал определение медианы, средней величины, квартилей, доверительного интервала, минимального и максимального значения, дисперсии, среднего квадратичного отклонения, ошибки среднего. Для оценки характера распределения величин исследуемых показателей использовали критерии Shapiro-Wilk's W-test и Колмогорова-Смирнова. В зависимости от результата, применяли параметрические или непараметрические методы [10, 11]. Статистический анализ проведен с использованием языка R, с применением пакетов ggplot2, ggstatplot, Clinicopath module [14, 31, 34, 40].

### Результаты исследования

Общее число исследованных артериальных дихотомий составило 6840 шт. Они составляли 8 генераций и располагались на 20 уровнях деления. Для дальнейшего статистического анализа использовали непараметрические методы т.к. было установлено, что характер распределения значений изучаемых показателей отличается от нормального закона распределения.

Дихотомии были разделены на 2 группы: «оптимальные» (ОДМ) и «неоптимальные» (НДМ) (С.Д. Муггау, ОДМ –  $\xi = 2,55 - 3,02$  (уравнение 1)). А также на: «оптимальные» (ОДУ) и «неоптимальные» (НДУ) (Н. В. М. Улинс, ОДУ –  $1 < \eta \leq 1,26$  (уравнение 2)). Установлено, что «оптимальные» дихотомии – ОДМ в соответствии с критерием Муггау С. Д. составляли 1% от общего количества исследованных дихотомий коррозионных препаратов ВАРС. В соответствии с критерием Улинс Н. В. М. «оптимальные» дихотомии (ОДУ) составляли 9% от общего количества исследованных дихотомий коррозионных препаратов ВАРС.

Результаты сравнительного анализа относительного количества «оптимальных» и «неоптимальных» дихотомий у лиц разного пола и возрастной группы (1-го и 2-го периодов зрелого возраста) представлены в табл. 1.

Таблица 1.

**Относительное количество «оптимальных» и «неоптимальных» дихотомий входящих в состав коррозионных препаратов ВАРС лиц разного пола и возрастной группы (n=67)**

Показатель	Относительное количество дихотомий разных групп ВАРС			
	Пол		Возраст	
	Мужчины	Женщины	1-й зрелый	2-й зрелый
ОДМ $\xi=2,55-3,02$ (%)	2	1	2	1
НДМ $\xi \neq 2,55-3,02$ (%)	98	99	98	99
<b>Всего (%)</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
ОДУ ( $1 < \eta \leq 1,26$ ) (%)	10	8	8	9
НДУ ( $1 > \eta$ и $\eta > 1,26$ ) (%)	90	92	92	91
<b>Всего (%)</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

**Примечание:** ОДМ, «оптимальные» дихотомии; НДМ, «неоптимальные» дихотомии; ОДУ, «оптимальные» дихотомии; НДУ, «неоптимальные» дихотомии; n, количество коррозионных препаратов.

Как следует из приведенного (табл. 1), относительное количество «оптимальных» (ОДМ и ОДУ) дихотомий в составе ВАРС лиц мужского пола (ОДМ – 2% и ОДУ – 10%) несколько больше, чем у женщин: ОДМ – 1% и ОДУ – 8%. В противоположность этому, относительное количество «оптимальных» дихотомий ОДУ в составе ВАРС лиц 1-го периода зрелого возраста (ОДУ – 8%) меньше, чем у лиц 2-го периода зрелого возраста: ОДУ – 9%.

На следующем этапе исследования, использовали критерий Манн-Уитни U Test для проверки гипотезы о равенстве средних независимых

выборки, (табл. 2). Анализ полученных результатов (табл. 2), позволяет утверждать, что относительное количество «оптимальных» (ОДМ и ОДУ) дихотомий в составе ВАРС больше на начальных номерах генерации и уровнях деления, чем «неоптимальных». Величины диаметров у сегментов, составляющих «оптимальные» (ОДМ и ОДУ) дихотомии значимо ( $p=0.001$ ) больше, чем у сегментов, составляющих «неоптимальные» дихотомии. Значения ( $Me$  (95%ДИ), мм) длин сегментов, составляющих «оптимальные» (ОДМ) –  $L=2,8$  (2,7; 3,9) дихотомии значимо ( $p=0,021$ ) меньше, чем у сегментов, составляющих «неоптимальные» дихотомии (НДМ) –  $L=3,0$  (3,0; 3,1). В противоположность этому, величины ( $Me$  (95%ДИ), мм) длин сегментов, составляющих «оптимальные» (ОДУ) –  $L=3,1$  (3; 3,4) дихотомии значимо ( $p=0,001$ ) больше, чем у сегментов, составляющих «неоптимальные» дихотомии (НДУ) –  $L=2,9$  (2,9; 3). Значения относительных показателей у «оптимальных» (ОДМ и ОДУ) дихотомий –  $FF1$ , значимо ( $p=0,001$ ) меньше, а  $\eta$  значимо ( $p=0,001$ ) больше, чем у «неоптимальных».

Величина  $\gamma$  – коэффициента асимметрии дочерних ветвей  $\gamma = \left(\frac{d_{min}}{d_{max}}\right)^2$  у «оптимальных» (ОДУ) дихотомий значимо ( $p=0,001$ ) меньше, чем у «неоптимальных». У «неоптимальных» (НДУ) дихотомий разница между величинами  $d_{max}$  и  $d_{min}$ , меньше, чем у «оптимальных», т.е. они более «симметричны».

Таблица 2.

Значения медиан двух независимых выборок исследуемых показателей коррозионных препаратов ВАРС ( $n=67$ )

Переменная	Критерии оптимальности дихотомии					
	Критерий Murray C. D.			Критерий Ulings H. B. M.		
	ОДМ $\xi=2,55-3,02$ ( $N=1\%$ )	НДМ $\xi \neq 2,55-3,02$ ( $N=99\%$ )	$p$	ОДУ ( $1 < \eta \leq 1,26$ ) ( $N=9\%$ )	НДУ ( $1 > \eta$ и $\eta > 1,26$ ) ( $N=91\%$ )	$p$
Gr	2	3	<b>0,001</b>	3	3	<b>0,001</b>
Me (95%ДИ)	(2; 3)	(3; 4)		(3; 4)	(3; 4)	
i	6	7	<b>0,001</b>	7	7	<b>0,001</b>
Me (95%ДИ)	(6; 7)	(7; 8)		(7; 8)	(7; 8)	
D (мм)	1,4	0,4	<b>0,001</b>	1,0	0,4	<b>0,001</b>
Me (95%ДИ)	(1,3; 1,6)	(0,4; 0,5)		(0,9; 1,1)	(0,4; 0,5)	
dmax (мм)	1,3	0,3	<b>0,001</b>	0,9	0,3	<b>0,001</b>
Me (95%ДИ)	(1,3; 1,5)	(0,3; 0,4)		(0,9; 1,0)	(0,3; 0,4)	

Переменная	Критерии оптимальности дихотомии					
	Критерий Murray C. D.			Критерий Ulings H. B. M.		
	ОДМ $\xi=2,55-3,02$ (N=1%)	НДМ $\xi\neq 2,55-3,02$ (N=99%)	<i>p</i>	ОДУ ( $1<\eta\leq 1,26$ ) (N=9%)	НДУ ( $1>\eta$ и $\eta>1,26$ ) (N=91%)	<i>p</i>
dmin (мм) Me (95%ДИ)	0,9 (0,8; 1,1)	0,2 (0,2; 0,3)	<b>0,001</b>	0,6 (0,6; 0,7)	0,2 (0,2; 0,3)	<b>0,001</b>
L (мм) Me (95%ДИ)	2,8 (2,7; 3,9)	3,0 (3,0; 3,1)	<b>0,021</b>	3,1 (3; 3,4)	2,9 (2,9; 3)	<b>0,001</b>
FF1 Me (95%ДИ)	4,86 (4,15; 5,75)	12,0 (12,0; 12,57)	<b>0,001</b>	6,67 (6; 7,29)	12,40 (12; 13)	<b>0,001</b>
h Me (95%ДИ)	1,19 (1,18; 1,2)	0,56 (0,56; 0,59)	<b>0,001</b>	1,13 (1,13; 1,14)	0,56 (0,56; 0,59)	<b>0,001</b>
g Me (95%ДИ)	0,56 (0,51; 0,67)	0,44 (0,44; 0,51)	0,22	0,4 (0,38; 0,44)	0,51 (0,44; 0,56)	<b>0,001</b>

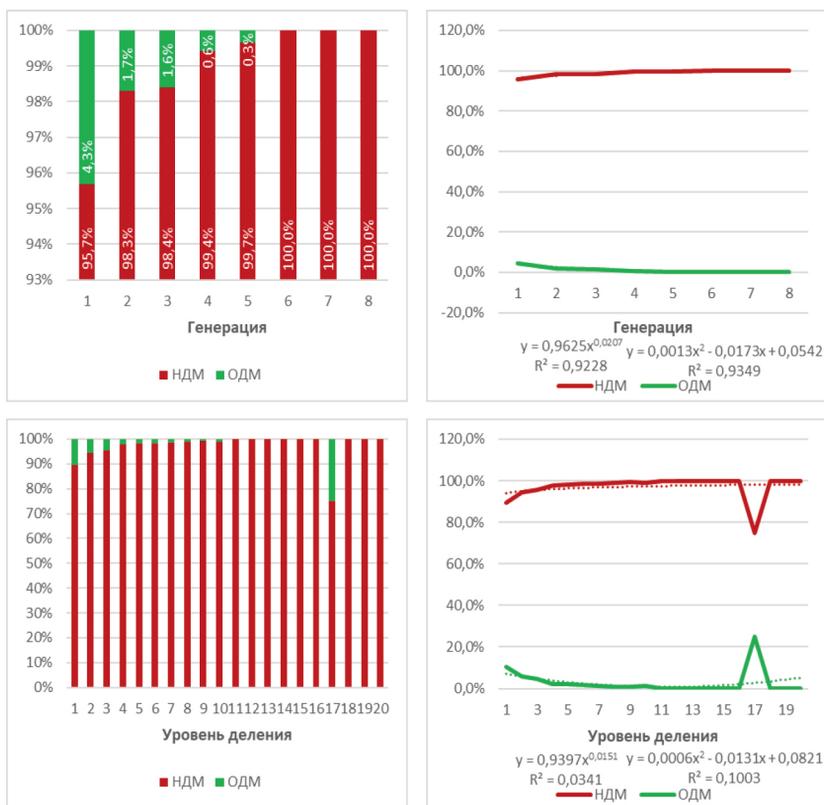
**Примечание:** D, диаметр проксимального сегмента (мм); dmax, диаметр большего дистального сегмента (мм); dmin, диаметр меньшего дистального сегмента (мм); L, длина сегмента (мм); FF1, фактор формы (length-to-radius ratio):  $FF1=L/R$ ;  $\eta$ , коэффициент ветвления:  $\eta = \frac{d_{max}^2 + d_{min}^2}{D^2}$ ;  $\gamma$ , коэффициент асимметрии дистальных ветвей:  $\gamma = \left(\frac{d_{min}}{d_{max}}\right)^2$ ; N – относительное количество дихотомий; n, количество коррозийных препаратов; Me, медиана; ДИ95%, доверительный интервал; p, уровень значимости (Mann-Whitney U Test).

На заключительном этапе было проведено исследования расположения «оптимальных» дихотомий ОДМ (рис. 1) и ОДУ (рис. 2) на разных номерах генерации и уровнях деления ВАРС.

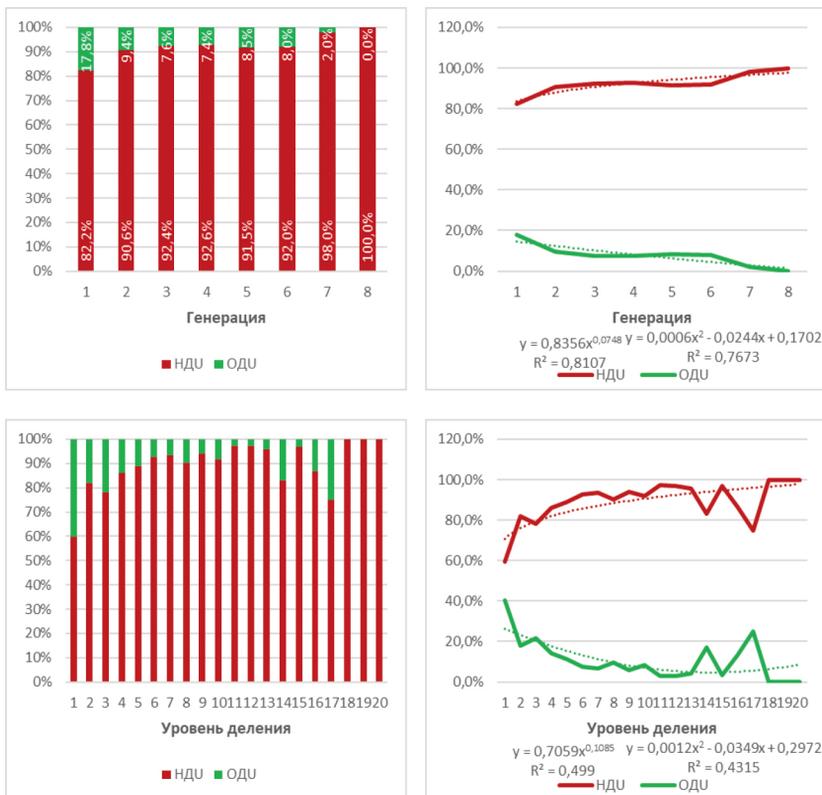
### Обсуждение

Положение о том, что природа всегда стремится к «оптимальности», является одним из основных, незабываемых научных принципов биологии и медицины. Понятие «оптимальный» и «нормальный» как правило, тождественно. При этом понятие оптимальности соответствует понятию экономичности. Ученые, говоря об оптимальности, подразумевают стремление к экономии. Изучение «оптимальности», как форма сравнения величин неких показателей, возможна только количественными методами.

Применительно к цели настоящего исследования, сравнительный анализ морфометрических особенностей «оптимальных» и «неоптимальных» дихотомий ВАРС человека, осуществляется путем выделения некоторого класса конкурирующих решений рассматриваемой проблемы. В нашем случае это величины изучаемых морфометрических показателей. Это позволяет сравнивать значения морфометрических показателей дихотомий различных групп («оптимальных» и «неоптимальных») и делать выводы о соответствии достигнутых решений некоему декларируемому принципу в данном случае принципу «оптимальности Вильгельма Ру».



**Рис. 1.** Распределение разных групп дихотомий по номерам генерации, результаты морфометрии коррозионных препаратов ВАРС. Где: ОДМ, «оптимальные» дихотомии в соответствии с критерием Murray C. D.; НДМ, «неоптимальные» дихотомии в соответствии с критерием Murray C. D.



**Рис. 2.** Распределение разных групп дихотомий по уровням деления, результаты морфометрии коррозионных препаратов ВАРС. Где: ОДУ, «оптимальные» дихотомии в соответствии с критерием Ulings Н. В. М.; НДУ, «неоптимальные» дихотомии в соответствии с критерием Ulings Н. В. М.

Понятие о морфометрической норме ВАРС человека, является одним из главных вопросов морфологии сосудистого русла. Под нормальным строением подразумевают такую форму морфологической организации, которая обеспечивает наиболее эффективное (наименее затратное, экономное) т.е. оптимальное функционирование морфологической единицы как части целой структуры. Важно также заметить, что в органическом мире оптимальные решения являются наиболее устойчивыми и, следовательно, наиболее вероятными, т.е. наиболее часто встречающимися.

Вопросы, касающиеся «оптимальности» морфологической и функциональной организации артериальных дихотомий неоднократно обсуждались биологами, анатомами и физиологами [8, 13, 19, 29, 35, 39]. Вильгельмом Ру было предложено – принцип оптимальности Вильгельма Ру о том, что основной функцией артериальной бифуркации (дихотомии) (как структурно-функциональной единицы артериального русла) является проведение крови с минимальными затратами энергии. Реализация данного принципа осуществляется путем согласования диаметров сегментов артерий, составляющих бифуркацию (дихотомию) [27, 32, 33, 37].

Murray C. D. предложил уравнение, описывающее реализацию принципа оптимальности Ру для бифуркаций аорты и ряда других крупных, внеорганных артерий в виде:

$$D^\xi = d_{max}^\xi + d_{min}^\xi, \quad \text{где} \quad (1)$$

$D, d_{max}, d_{min}$  – диаметры материнской артерии и дочерних ветвей, имеющих больший и меньший внутренние радиусы соответственно,  $\xi=2,55-3,02$ .

Для внеорганных артерий эластического и мышечно-эластического типов  $\xi=2,33$ , для мышечного типа значения  $\xi=1-1,5$  [24]. Величина  $\xi=2,55$  обеспечивает оптимальное соотношение между диаметрами артериальных сегментов, составляющих дихотомию в условиях турбулентного тока крови, а  $\xi=3,02$  – ламинарного. Значение  $\xi=3$  обеспечивает оптимальное функционирование систем венечных артерий млекопитающих, что демонстрирует хорошее согласование с законом Murray C. D. при, причем чем выше находится организм на эволюционной лестнице тем лучше соответствие [21]. Однако, как было показано ранее, в условиях реального сосудистого русла рассчитать величину  $\xi$  не всегда представляется возможным, так как существуют различные типы дихотомий (бифуркаций): полная асимметрия  $D \neq d_{max} \neq d_{min}$ ; боковая асимметрия  $D = d_{max}, d_{max} \neq d_{min}$ ; односторонняя симметрия  $D \neq d_{max}, d_{max} = d_{min}$ ; полная симметрия  $D = d_{max} = d_{min}$  [6].

H. V. M. Ulings для оценки оптимальности использовал более универсальный показатель, который подходит для большего числа артериальных дихотомий - коэффициент ветвления:  $\eta$  – area ratio.

$$\eta = \frac{d_{max}^2 + d_{min}^2}{D^2}, \quad \text{где} \quad (2)$$

$D$  – диаметр материнского сегмента,  $d_{max}$  и  $d_{min}$  - диаметр большей и меньшей дочерних ветвей.

У «оптимальных» дихотомий, по утверждению Н. В. М. Ulings, величина  $\eta$  находится в пределах  $1 < \eta \leq 1,26$  [38].

В нашем исследовании артериальных дихотомий, удовлетворяющих критерию Murray C. D. (т.е. оптимальных) было обнаружено 1% от общего количества, а критерию Ulings Н. В. М. (т.е. оптимальных) – 9%?! Трудно представить работу системы на 91-99% состоящую из «неоптимальных» элементов. Отличие в относительном количестве ОДМ (1%) и ОДУ (9%) объясняется разной методики расчета этих критериев и различной степенью строгости в определении принципов оптимальности для разных критериев. Критерий Ulings Н. В. М. можно считать более универсальным, чем критерий Murray C. D., т.к. он может быть использован для оценки оптимальности симметричных и несимметричных дихотомий.

Полученные данные позволяют утверждать следующее, «оптимальные» в соответствии с критериями Murray C. D. и Ulings Н. В. М. артериальные дихотомии ВАРС располагаются на проксимальных генерациях и уровнях деления ВАРС, имеют большие размеры и являются менее симметричными по сравнению с «неоптимальными» дихотомиями.

В порядке дискуссии. Установленные факты, возможно, касаются только ВАРС человека. Как известно, функции селезенки, и особенно ВАРС, существенно отличаются от функций других паренхиматозных органов – печени и почек. Поэтому, принципы оптимальности для дихотомий ВАРС могут отличаться от таковых дихотомий, составляющих внутриорганные артериальные русла других органов. Можно ожидать, что конфигурации и морфометрические характеристики артериальных дихотомий, составляющих внутриорганные артериальные русла функционально-различных органов, значимо отличаются, т.к. ориентированы на выполнение специфичных для разных органов функций. Т.е. артериальные дихотомии различных органов обладают таким свойством как «органоспецифичность», а принцип оптимальности В. Ру не является универсальным. Сказанное нацеливает на проведение подобного рода исследований в отношении дихотомий артериальных русел различных внутренних органов человека. Поэтому, сегодня делать какие-то общие выводы и намечать глобальные перспективы использования принципа оптимальности В. Ру для численного моделирования артериальных дихотомий и внутриорганных артериальных русел функционально-различных внутренних органов в целом рано. Только после этого, возможно, формулирования универсального морфофункционального принципа оптимальности и утверждение морфометрического эталона артериальных дихотомий, который в будущем

можно будет использовать как «морфометрический критерий нормы» артериальных дихотомий конкретного органа.

### **Выводы**

1. Путем морфометрического исследования подтверждено наличие двух групп дихотомий ВАРС – «оптимальных» и «неоптимальных». Структурные отличия артериальных дихотомий различных групп, вероятно, определяют различия выполняемых ими функций.

2. Артериальные дихотомии ВАРС находящиеся на разных уровнях деления и входящие в состав различных генераций, вероятно, выполняют разные функции, не только проведение крови с минимальными затратами, но и ее распределение между участками селезенки, а также функцию опоры – «мягкого скелета» селезенки.

3. Принцип оптимальности должен формулироваться в соответствии с различиями выполняемых артериальными дихотомиями ВАРС функций.

### **Заключение**

Резюмируя представленный материал, в соответствии с целью нашей работы установлено, наличие значимых отличий между величинами морфометрических показателей разных групп дихотомий ВАРС представителей разного пола, а также лиц 1-го и 2-го периода зрелого возраста. Необходимо сформулировать новые принцип оптимальности строения артериального русла селезенки, с учетом функциональных особенностей присущих отдельным его участкам. Обнаруженные морфометрические закономерности ВАРС можно использовать и необходимо учитывать при численном моделировании его структуры и решении вопроса о «норме» строения.

Таким образом, считаем, что поставленная цель достигнута.

**Информация о конфликте интересов.** Конфликт интересов отсутствует.

**Информация о спонсорстве.** Данное исследование выполнено при поддержке гранта Фонда содействия развитию институтов гражданского общества в ПФО (грантополучатель: Милтых И.С., 2020 г.).

### ***Список литературы***

1. Автандилов Г.Г. Основы количественной патологической анатомии : Учебное пособие / Г.Г. Автандилов. М.: Медицина, 2002. 240 с.

2. Аналитическая и трехмерная (3D) анатомия сосудистого русла почки человека : монография / О.К. Зенин [и др.]. Грозный: Изд-во Чеченского гос. ун-та, 2021. 218 с.
3. Ахмедов В.А. Современные взгляды на факторы возникновения и прогрессирования атеросклероза / В.А. Ахмедов, А.С. Шевченко, А.С. Исаева // РМЖ. Медицинское обозрение. 2019. Т. 3. № 1. С. 57-62.
4. Глотов В.А. Структурный анализ микрососудистых бифуркаций (микрососудистый узел и гемодинамический фактор) / В.А. Глотов. Смоленск: Ампипресс, 1995. 251 с.
5. Зенин О.К. Морфометрическая характеристика артериального русла головного мозга человека в соответствии с дихотомической моделью его строения / О.К. Зенин, А.В. Дмитриев, Ю.В. Довгялло // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. 2019. № 4 (52). С. 111-118.
6. Зенин О.К. Морфометрический анализ применимости уравнений Murray С.Д. для численного моделирования сосудистых дихотомий почки человека / О.К. Зенин, И.С. Милгых, А.В. Дмитриев // Siberian Journal of Life Science and Agriculture. 2022. Т. 13. № 3. С. 170-192. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-3-170-192>
7. Комиссарова Е.Н. Морфологические критерии возрастной гигиены / Е.Н. Комиссарова, П.В. Родичкин, Л.А. Сазанова. СПб, 2014. 64 с.
8. Ляпунов А.А. Проблемы теоретической и прикладной кибернетики / А.А. Ляпунов Citation Key: 1980. М.: Наука, 1980.
9. Мамисашвили В.А. Критерий оптимального функционирования подсистем крупных и мелких пиальных артерий / В.А. Мамисашвили, М.К. Бабунашвили // Физиологический журнал СССР. 1975. Т. 61. № 10. С. 1501-1506.
10. Основы компьютерной биостатистики: анализ информации в биологии, медицине и фармации статистическим пакетом MedStat / Ю.Е. Лях [и др.]. Донецк: Папакица Е. К., 2006. 214 с.
11. Реброва О.Ю. Описание статистического анализа данных в оригинальных статьях. Типичные ошибки / О.Ю. Реброва // Флебология. 2011. № 3. С. 74-77.
12. Розен Р. Принцип оптимальности в биологии / Р. Розен. М.: Мир, 1969. 215 с.
13. Черноусько Ф.Л. Некоторые оптимальные конфигурации ветвящихся стержней / Ф.Л. Черноусько // Изв. АН СССР. МТТ. 1979. № 3. С. 174-181.
14. Balci S. ClinicoPath Jamovi Module / S. Balci. 2022. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/9SZUD>

15. Cooper M.J. Splenectomy: Indications, hazards and alternatives / M.J. Cooper, R.C.N. Williamson // *British Journal of Surgery*. 2005. Vol. 71. Splenectomy. № 3. P. 173-180. <https://doi.org/10.1002/bjs.1800710302>
16. Dmitriev A. Conceptional models of the tree-shape arterial bed / A. Dmitriev, Yu. Dovgiallo, O. Zenin // *Scripta scientifica medica*. 2008. Vol. 40. P. 23.
17. Dokoumetzidis A. A model for transport and dispersion in the circulatory system based on the vascular fractal tree / A. Dokoumetzidis, P. Macheras // *Ann. Biomed Eng.* 2003. Vol. 31. № 3. P. 284-293.
18. Explanatory report on the European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and Other Scientific Purposes / ed. Council of Europe. Strasbourg : Croton, N.Y: The Council ; Manhattan Pub. Co. [distributor], 1986. 75 p.
19. Fractal Properties of Perfusion Heterogeneity in Optimized Arterial Trees / R. Karch [et al.] // *The Journal of General Physiology*. 2003. Vol. 122. № 3. P. 307-322. <https://doi.org/10.1085/jgp.200208747>
20. Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice / ed. S. Standring. 42. London: Elsevier, 2021. 1606 p.
21. Kajiya F. Cardiac Hemodynamics, Coronary Circulation and Interventional Cardiology / F. Kajiya, M. Zamir, S. Carlier // *Annals of Biomedical Engineering*. 2005. Vol. 33. № 12. P. 1728-1734. <https://doi.org/10.1007/s10439-005-8777-x>
22. Kalpana R. A Study On Principal Branches of Coronary Arteries In Humans / R. Kalpana // *Journal of the Anatomical Society of India*. 2003. Vol. 52. № 2.
23. Kamiya A. Theoretical relationship between the optimal models of the vascular tree / A. Kamiya, T. Togawa, A. Yamamoto // *Bulletin of Mathematical Biology*. 1974. Vol. 36. № 3. P. 311-323.
24. Kassab G.S. Functional hierarchy of coronary circulation: direct evidence of a structure-function relation / G.S. Kassab // *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*. 2005. Vol. 289. № 6. P. H2559-H2565. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00561.2005>
25. Kehila M. [Partial splenectomy requiring ligation of splenic vessels. Apropos of 40 cases] / M. Kehila, T. Abderrahim // *Annales De Chirurgie*. 1993. Vol. 47. № 5. P. 433-435.
26. Kizilova N. Computational Approach to Optimal Transport Network Construction in Biomechanics / N. Kizilova // *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2004* / coll. T. Kanade [et al.]; eds. A. Laganá [et al.]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2004. Vol. 3044. P. 476-485.
27. Marxen M. Branching tree model with fractal vascular resistance explains fractal perfusion heterogeneity / M. Marxen, R.M. Henkelman // *American*

- Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology. 2003. Vol. 284. № 5. P. H1848-H1857. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00510.2002>
28. Murray C.D. The physiological principle of minimum work applied to the angle of branching of arteries / C.D. Murray // *Journal of General Physiology*. 1926. Vol. 9. № 6. P. 835-841. <https://doi.org/10/dq9qn9>
29. Nerem R.M. Role of mechanics in vascular tissue engineering / R.M. Nerem // *Biorheology*. 2003. Vol. 40. № 1-3. P. 281-287.
30. Numerical Simulation and Experimental Validation of Blood Flow in Arteries with Structured-Tree Outflow Conditions / M.S. Olufsen [et al.] // *Annals of Biomedical Engineering*. 2000. Vol. 28. № 11. P. 1281-1299.
31. Patil I. statsExpressions: R Package for Tidy Dataframes and Expressions with Statistical Details / I. Patil // *Journal of Open Source Software*. 2021. Vol. 6. № 61. P. 3236. <https://doi.org/10.21105/joss.03236>
32. Pries A.R. Remodeling of Blood Vessels: Responses of Diameter and Wall Thickness to Hemodynamic and Metabolic Stimuli / A.R. Pries, B. Reglin, T.W. Secomb // *Hypertension*. 2005. Vol. 46. № 4. P. 725-731. <https://doi.org/10.1161/01.HYP.0000184428.16429.be>
33. Pries A.R. Control of blood vessel structure: insights from theoretical models / A.R. Pries, T.W. Secomb // *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*. 2005. Vol. 288. № 3. P. H1010-H1015. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00752.2004>
34. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing / R Core Team *tex.organization: R Foundation for Statistical Computing*. Vienna, Austria, 2021. <https://www.R-project.org/>
35. Stańczyk M. Discrete vessel heat transfer in perfused tissue—model comparison / M. Stańczyk, G.M.J.V. Leeuwen, A.A.V. Steenhoven // *Physics in Medicine and Biology*. 2007. Vol. 52. № 9. P. 2379-2391. <https://doi.org/10.1088/0031-9155/52/9/004>
36. Surgical anatomy of the human spleen / H.P. Redmond [et al.] // *British Journal of Surgery*. 2005. Vol. 76. № 2. P. 198-201. <https://doi.org/10.1002/bjs.1800760230>
37. The Mechanical Properties of Infrainguinal Vascular Bypass Grafts: Their Role in Influencing Patency / S. Sarkar [et al.] // *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*. 2006. Vol. 31. № 6. P. 627-636. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2006.01.006>
38. Uylings H.B.M. Optimization of diameters and bifurcation angles in lung and vascular tree structures / H.B.M. Uylings // *Bulletin of Mathematical Biology*. 1977. Vol. 39. № 5. P. 509-520. <https://doi.org/10/db7vdb>

39. West G.B. The Fourth Dimension of Life: Fractal Geometry and Allometric Scaling of Organisms / G.B. West, J.H. Brown, B.J. Enquist // Science. 1999. Vol. 284. № 5420. P. 1677-1679.
40. Wickham H. ggplot2: Elegant graphics for data analysis. Springer-Verlag New York, 2016. <https://ggplot2.tidyverse.org>
41. Zamir M. Distributing and delivering vessels of the human heart // Journal of General Physiology. 1988. Vol. 91. № 5. P. 725-735.

### References

1. Avtandilov G.G. *Osnovy kolichestvennoy patologicheskoy anatomii : Uchebnoe posobie* [Fundamentals of quantitative pathological anatomy: Textbook]. Moscow.: Meditsina, 2002, 240 p.
2. *Analiticheskaya i trekhmernaya (3D) anatomiya sosudistogo rusla pochki cheloveka : monografiya* [Analytical and three-dimensional (3D) anatomy of the human kidney vasculature: monograph] / O.K. Zenin [et al.]. Groznyy: Izd-vo Chechenskogo gos. un-ta, 2021, 218 p.
3. Akhmedov V.A. Sovremennyye vzglyady na faktory vozniknoveniya i progressirovaniya ateroskleroza [Modern perspective on the factors of occurrence and progression of atherosclerosis] / V.A. Akhmedov, A.S. Shevchenko, A.S. Isaeva. *RMZh. Meditsinskoe obozrenie*, 2019, vol. 3, no. 1, pp. 57-62.
4. Glotov V.A. *Strukturnyy analiz mikrososudistykh bifurkatsiy (mikrososudisty uzel i gemodinamicheskiy faktor)* [Structural analysis of microvascular bifurcations (microvascular node and hemodynamic factor)]. Smolensk: Apmipress, 1995, 251 p.
5. Zenin O.K. Morfometricheskaya kharakteristika arterial'nogo rusla golovnogo mozga cheloveka v sootvetstvii s dikhotomicheskoy model'yu ego stroeniya [Morphometric characteristics of the arterial vasculature of the human brain in accordance with the dichotomous model of its structure] / O.K. Zenin, A.V. Dmitriev, Yu.V. Dovgalyo. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Meditsinskie nauki*, 2019, no. 4 (52), pp. 111-118.
6. Zenin O.K., Milykh I.S., Dmitriev A.V. Morphometric analysis of C.D. Murray's law appliance for numerical modeling of vascular dichotomies of kidneys. *Siberian Journal of Life Science and Agriculture*, 2022, vol. 13 (3), pp. 170-192. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-3-170-192>
7. Komissarova E.N. *Morfologicheskie kriterii vozrastnoy gigieny* [Morphological criteria for age-related hygiene] / E.N. Komissarova, P.V. Rodichkin, L.A. Sazanova. Saint-Petersburg, 2014, 64 p.
8. Lyapunov A.A. *Problemy teoreticheskoy i prikladnoy kibernetiki* [Problems of theoretical and applied cybernetics]. Moscow: Nauka, 1980.

9. Mamisashvili V.A. Kriteriy optimal'nogo funktsionirovaniya podsystem krupnykh i melkikh pial'nykh arteriy [The criterion for the optimal functioning of subsystems of large and small pial arteries] / V.A. Mamisashvili, M.K. Babunashvili. *Fiziologicheskiy zhurnal SSSR* [Physiological Journal of the USSR], 1975, vol. 61, no. 10, pp. 1501-1506.
10. *Osnovy komp'yuternoy 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] / Yu.E. Lyakh [et al.]. Donetsk: Papakitsa E. K., 2006, 214 p.
11. Rebrova O.Yu. Opisanie statisticheskogo analiza dannykh v original'nykh stat'yakh. Tipichnye oshibki [Description of statistical data analysis in original articles. Typical mistakes] / O.Yu. Rebrova. *Flebologiya* [Phlebology], 2011, no. 3, pp. 74-77.
12. Rosen R. *Printsip optimal'nosti v biologii* [Optimality principle in biology]. Moscow: Mir, 1969, 215 p.
13. Chernous'ko F.L. Nekotorye optimal'nye konfiguratsii vetvyashchikhhsya sterzhney [Some optimal configurations of branching rods]. *Izv. AN SSSR. MTT* [Izv. Academy of Sciences of the USSR. MTT], 1979, no. 3, pp. 174-181.
14. Balci, Serdar. ClinicoPath Jamovi Module. 2022. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/9SZUD>
15. Cooper M J, Williamson R C N. Splenectomy: Indications, Hazards and Alternatives. *British Journal of Surgery*, 2005, vol. 71 (3), pp. 173–180. <https://doi.org/10.1002/bjs.1800710302>
16. Dmitriev A., Dovgiallo Yu., Zenin O. Conceptual Models of the Tree-Shape Arterial Bed. *Scripta Scientifica Medica*, 2008, vol. 40, 23.
17. Dokoumetzidis A., Macheras P. A Model for Transport and Dispersion in the Circulatory System Based on the Vascular Fractal Tree. *Ann. Biomed Eng.*, 2003, vol. 31 (3), pp. 284–293.
18. Council of Europe, ed. *Explanatory Report on the European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and Other Scientific Purposes*. Strasbourg : Croton, N.Y: The Council ; Manhattan Pub. Co. [distributor]. 1986.
19. Karch, Rudolf, Friederike Neumann, Bruno K. Podesser, Martin Neumann, Paul Szawlowski, and Wolfgang Schreiner. Fractal Properties of Perfusion Heterogeneity in Optimized Arterial Trees. *The Journal of General Physiology*, 2003, vol. 122 (3), pp. 307–322. <https://doi.org/10.1085/jgp.200208747>
20. Standring, Susan, ed. *Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice*. 42nd ed. London: Elsevier, 2021.

21. Kajiya, Fumihiko, Mair Zamir, and Stéphane Carrier. Cardiac Hemodynamics, Coronary Circulation and Interventional Cardiology. *Annals of Biomedical Engineering*, 2005, vol. 33 (12), pp. 1728–1734. <https://doi.org/10.1007/s10439-005-8777-x>
22. Kalpana RA. A Study On Principal Branches of Coronary Arteries In Humans. *Journal of the Anatomical Society of India*, 2003, vol. 52 (2).
23. Kajiya F. Cardiac Hemodynamics, Coronary Circulation and Interventional Cardiology. *Annals of Biomedical Engineering*, 2005, vol. 33 (12), pp. 1728-1734.
24. Kassab Ghassan S. Functional Hierarchy of Coronary Circulation: Direct Evidence of a Structure-Function Relation. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 2005, vol. 289 (6), pp. H2559– H2565. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00561.2005>
25. Kehila, M., and T. Abderrahim. Partial Splenectomy Requiring Ligation of Splenic Vessels. Apropos of 40 Cases. *Annales De Chirurgie*, 1993, vol. 47 (5), pp. 433–435.
26. Kizilova N. Computational Approach to Optimal Transport Network Construction in Biomechanics. *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2004*, 2004, vol. 3044, pp. 476-485.
27. Marxen, M., and R. M. Henkelman. Branching Tree Model with Fractal Vascular Resistance Explains Fractal Perfusion Heterogeneity. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 2003, vol. 284 (5), pp. H1848–H1857. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00510.2002>
28. Murray C.D. The Physiological Principle of Minimum Work Applied to the Angle of Branching of Arteries. *Journal of General Physiology*, 1926, vol. 9 (6), pp. 835–841. <https://doi.org/10/dq9qn9>
29. Nerem Robert M. Role of Mechanics in Vascular Tissue Engineering. *Biorheology*, 2003, vol. 40 (1–3), pp. 281–287.
30. Olufsen M.S. Numerical Simulation and Experimental Validation of Blood Flow in Arteries with Structured-Tree Outflow Conditions. *Annals of Biomedical Engineering*, 2000, vol. 28(11), pp. 1281-1299.
31. Patil Indrajeet. StatsExpressions: R Package for Tidy Dataframes and Expressions with Statistical Details. *Journal of Open Source Software*, 2021, vol. 6 (61), 3236. <https://doi.org/10.21105/joss.03236>
32. Pries Axel R., Bettina Reglin, and Timothy W. Secomb. Remodeling of Blood Vessels: Responses of Diameter and Wall Thickness to Hemodynamic and Metabolic Stimuli. *Hypertension*, 2005, vol. 46 (4), pp. 725–731. <https://doi.org/10.1161/01.HYP.0000184428.16429.be>
33. Pries A. R., and T. W. Secomb. Control of Blood Vessel Structure: Insights from Theoretical Models. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory*

- Physiology*, 2005, vol. 288 (3), pp. H1010– H1015. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00752.2004>
34. R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Manual. Vienna, Austria, 2021. <https://www.R-project.org/>
  35. Stańczyk Maciej, Gerard M J Van Leeuwen, and Anton A Van Steenhoven. Discrete Vessel Heat Transfer in Perfused Tissue—Model Comparison. *Physics in Medicine and Biology*, 2007, vol. 52 (9), pp. 2379–2391. <https://doi.org/10.1088/0031-9155/52/9/004>
  36. Redmond H P, J M Redmond, B P Rooney, J P Duignan, and D J Bouchier-Hayes. Surgical Anatomy of the Human Spleen. *British Journal of Surgery*, 2005, vol. 76 (2), pp. 198–201. <https://doi.org/10.1002/bjs.1800760230>
  37. Sarkar S., H.J. Salacinski, G. Hamilton, and A.M. Seifalian. The Mechanical Properties of Infrainguinal Vascular Bypass Grafts: Their Role in Influencing Patency. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, 2006, vol. 31 (6), pp. 627–636. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2006.01.006>
  38. Uylings H. B. M. Optimization of Diameters and Bifurcation Angles in Lung and Vascular Tree Structures. *Bulletin of Mathematical Biology*, 1977, vol. 39 (5), pp. 509–520. <https://doi.org/10/db7vdb>
  39. West Geoffrey B., James H. Brown, and Brian J. Enquist. The Fourth Dimension of Life: Fractal Geometry and Allometric Scaling of Organisms. *Science*, 1999, vol. 284 (5420), pp. 1677–1679. <https://doi.org/10.1126/science.284.5420.1677>
  40. Wickham Hadley. *Ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York, 2016. <https://ggplot2.tidyverse.org>
  41. Zamir M. Distributing and delivering vessels of the human heart. *Journal of General Physiology*, 1988, vol. 91(5), pp. 725-735.

#### ДААННЫЕ ОБ АВТОРАХ

**Дадашев Али Шарудневич**, ассистент кафедры «Нормальная и топографическая анатомия с оперативной хирургией»

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Чеченский государственный университет»*

*ул. Шерипова, 32, 364093, г. Грозный, Российская Федерация*  
*mukulatura95@mail.ru*

**Зенин Олег Константинович**, д-р мед. наук, профессор кафедры «Анатомия человека»

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пензенский государственный университет»  
ул. Красная, 40, г. Пенза, 440026, Российская Федерация  
zen.olegz@gmail.com*

**Милтых Илья Сергеевич**, студент

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пензенский государственный университет»  
Российская Федерация  
ilia@miltykh.com*

**Кафаров Эдгар Сабирович**, д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой «Нормальная и топографическая анатомия с оперативной хирургией»

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Чеченский государственный университет»  
ул. Шерипова, 32, 364093, г. Грозный, Российская Федерация  
Edgar-kafaroff@yandex.ru*

**DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Ali Sh. Dadashev**, Assistant at the Department of Gross and Topographic Anatomy with Operative Surgery

*Chechen State University  
32, Sheripova Str., Grozny, 364093, Russian Federation  
mukulatura95@mail.ru  
SPIN-code: 7195-0066  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8502-0841>*

**Oleg K. Zenin**, Dr. Sc. (Medicine), Professor of Human anatomy

*Penza State University  
40, Krasnaya Str., Penza, 440026, Russian Federation  
SPIN-code: 3159-1346  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5447-1989>  
ResearcherID: O-7965-2015  
Scopus Author ID: 57198085128*

**Ilia S. Miltykh**, Student

*Penza State University*

*40, Krasnaya Str., Penza, 440026, Russian Federation*

*ilia@miltykh.com*

*SPIN-code: 9363-6873*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9130-3255>*

*ResearcherID: AFO-0934-2022*

*Scopus Author ID: 57299786900*

**Edgar S. Kafarov**, Dr. Sc. (Medicine), Professor, Head of the Department of

Gross and Topographic Anatomy with Operative Surgery

*Chechen State University*

*32, Sheripova Str., Grozny, 364093, Russian Federation*

*Edgar-kafaroff@yandex.ru*

*SPIN-code: 5423-8289*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9735-9981>*

*ResearcherID: K-1138-2017*

*Scopus Author ID: 39461511200*

Поступила 18.02.2023

После рецензирования 18.03.2023

Принята 06.04.2023

Received 18.02.2023

Revised 18.03.2023

Accepted 06.04.2023