

ТОПОЛОГИЧЕСКИЙ СПОСОБ КЛАССИФИКАЦИИ ПРИТОКОВ ВЕРХНЕЙ БРЫЖЕЕЧНОЙ ВЕНЫ

С.А. Симбирцев¹, Е.М. Трунин¹, А.А. Смирнов¹, Р.Э. Топузов¹, А.И. Назмиев¹, А.Л. Овсепьян², П.А. Сизов¹,
А.В. Александров¹, П.В. Филонов¹

¹ ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова»

Минздрава России, кафедра оперативной и клинической хирургии с топографической анатомией, Санкт-Петербург;

² Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина),
кафедра биотехнических систем, Санкт-Петербург

Для цитирования: Симбирцев С.А., Трунин Е.М., Смирнов А.А., и др. Топологический способ классификации при-
токов верхней брыжеечной вены // Вестник Северо-Западного государственного медицинского университета
им. И.И. Мечникова. – 2018. – Т. 10. – № 3. – С. 36–44. doi: 10.17816/mechnikov201810336-44

Поступила в редакцию: 25.06.2018

Принята к печати: 12.09.2018

♦ Авторы предлагают новый тип классификации различных анатомических вариантов венозного оттока от пра-
вой половины толстой кишки на основании применения принципов топологии и комбинаторики. В статье приво-
дятся данные топографо-анатомического исследования венозного оттока от правой половины толстой кишки на
анатомическом материале (25 наблюдений). Описан алгоритм кодировки каждого конкретного случая и отнесения
его к тому или иному классу согласно разработанной классификации. Также предлагается структурная схема про-
граммного комплекса для полуавтоматической ретопологии венозного оттока от правой половины толстой кишки.

♦ **Ключевые слова:** топология; вариантная анатомия; верхняя брыжеечная вена; венозный отток от правой
половины толстой кишки; абдоминальная хирургия.

A TOPOLOGICAL CLASSIFICATION METHOD OF THE SUPERIOR MESENTERIC VENOUS SYSTEM AFFLUENT BRANCHES

S.A. Simbirtsev¹, E.M. Trunin¹, A.A. Smirnov¹, R.E. Topuzov¹, A.I. Nazmiev¹, A.L. Ovsepyan², P.A. Sizov¹,
A.V. Aleksandrov¹, P.V. Filonov¹

¹ North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, The Department of Operative
and Clinical Surgery with Topographical Anatomy, Saint Petersburg, Russia;

² Saint Petersburg Electrotechnical University LETI, Department of Bioengineering Systems, Saint Petersburg, Russia

For citation: Simbirtsev SA, Trunin EM, Smirnov AA, et al. A topological classification method of the superior mesenteric
system affluent branches. *Herald of North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov*. 2018;10(3):36-44.
doi: 10.17816/mechnikov201810336-44

Received: 25.06.2018

Accepted: 12.09.2018

♦ The authors propose a new classification of the venous return from the right half of the colon anatomical variants.
The classification is based on the principles of topology and combinatorics. The article presents the data obtained from
the topographic and anatomical study of the venous return from the right hemicolon collected from anatomical mate-
rial (25 observations), and describes the coding algorithm in each case, allocating it to a particular class according to
the proposed classification. A software package block diagram for semi-automatic retopology of venous return from the
right half of the colon is also proposed.

♦ **Keywords:** topology; variant anatomy; superior mesenteric vein; venous return from the right half of the colon;
abdominal surgery.

Введение

Варианты ветвления и порядок соединения
притоков верхней брыжеечной вены крайне
разнообразны, а единого способа их описания

и классификации в настоящее время не суще-
ствует.

Один из вариантов классификации венозно-
го оттока от правой половины толстой кишки

предложили С.Д. Ли, С.С. Парк, М.Д. Ким и др. (Центр по изучению колоректального рака, Южная Корея). В результате этого исследования определены и классифицированы различные варианты отхождения ствола желудочно-ободочной вены. Авторы показали, что существуют два типа впадения этой вены: одна или две ободочные вены впадают в желудочно-ободочную вену или ствол этой вены отсутствует [1].

В анатомическом исследовании М.А. Кузу, Е. Исмаила, С. Целик и др. продемонстрировано, что в 100 % случаев от верхней брыжеечной артерии отходит *a. ileocolica*. *A. colica dextra* выявлена только в 33 % наблюдений. *A. colica media* обнаружена во всех случаях, а ветви, отходящие от этой артерии, — лишь в 11,7 %. Во всех наблюдениях ($n = 111$) выявлена *v. ileocolica*, которая впадала в верхнюю брыжеечную вену в 103 случаях, в желудочно-поджелудочно-двенадцатиперстную вену — в 7 наблюдениях, а в тощекишечную — только в одном случае [2].

В исследовании Д. Альсабила, В.Р. Ким и Н.К. Ким описано наличие или отсутствие сосудов в рассматриваемой анатомической области и их топографическое взаиморасположение. Авторами во всех случаях обнаружены *a. colica media* и *a. ileocolica* [3]. Подвздошно-ободочная артерия в большинстве случаев проходила кзади от верхней брыжеечной вены, хотя в отдельных случаях она располагалась кпереди от верхней брыжеечной артерии. Подвздошно-ободочная вена и средняя ободочная вена выявлены во всех случаях, в то время как правая ободочная вена отсутствовала в 50 % наблюдений [3].

Таким образом, различные авторы приводят в своих работах лишь обрывочные сведения о вариантной анатомии верхней брыжеечной вены, не предпринимая при этом попыток выстроить на основании своих данных единую стройную систему классификации.

Цель исследования — изучить на анатомическом материале варианты впадения притоков в верхнюю брыжеечную вену и предложить на основе полученных данных новую классификацию венозного оттока от правой половины толстой кишки.

Задачи исследования:

- 1) выполнить топографо-анатомическое исследование вариантов впадения притоков в верхнюю брыжеечную вену;
- 2) предложить топологическую классификацию вариантов ветвления в бассейне верхней брыжеечной вены;

- 3) определить и обосновать возможные изменения тактики оперативного вмешательства при том или ином варианте венозного оттока.

Материалы и методы

Исследование проводили в патологоанатомическом отделении Александровской больницы на общей выборке, представленной 25 анатомическими объектами разного пола, разной возрастной группы, с разными типами телосложения и разными причинами смерти (табл. 1). В топографо-анатомическое исследование были включены только те трупы, у которых не было оперативных вмешательств на органах живота. Фиксацию исследуемых анатомических объектов не производили, также трупы не подвергали воздействию низких температур. Результаты обрабатывали и учитывали в программе Microsoft Excel (Microsoft Corporation), графические модели строили с помощью пакета программ CorelDraw Graphics Suite X3 (Corel Corporation). Все исследования на трупах были выполнены по протоколу, который был рассмотрен и одобрен этическим комитетом университета в начале научно-исследовательской работы в 2017 г.

Для оценки вариантов венозного оттока от правой половины толстой кишки выполняли препарирование в области правого брыжеечного синуса. Для этого весь тонкий отдел кишечника смещали влево, широко рассекали париетальную брюшину в области правой поверхности корня брыжейки тонкой кишки и с помощью тупфера деликатно отсепаровывали париетальную брюшину в латеральном направлении. После завершения отсепаровки выделяли все ветви верхней брыжеечной вены в области правого брыжеечного синуса (рис. 1, 2). Далее производили фотосъемку отпрепарированной области с помощью камеры Canon 1000D, а также делали эскиз.

Таблица 1 / Table 1

Распределение исследуемых анатомических объектов по возрасту

Distribution of the anatomical objects used in the study by age

Количество, n	25
Средний возраст умерших (лет), $M \pm SD$	$75,76 \pm 15,12$
min÷max	37÷94
Me	80

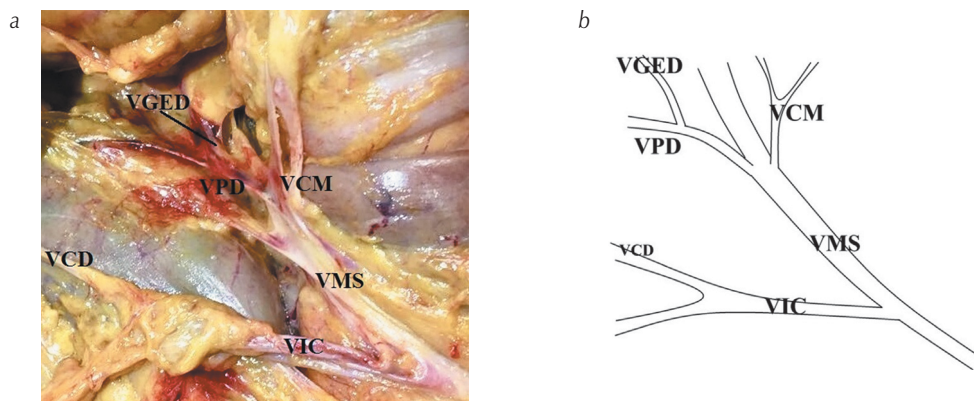


Рис. 1. Вариант венозного оттока от правой половины толстой кишки (наблюдение 1): *a* — фотография анатомического препарата; *b* — эскиз. VMS — *v. mesenterica superior*, VIC — *v. ileocolica*, VCD — *v. colica dextra*, VPD — *v. pancreatoduodenalis*, VCM — *v. colica media*, VGED — *v. gastroepiploica dextra*

Fig. 1. Variant of venous return from the right half of the colon (observation 1): *a* — anatomical specimen image; *b* — sketch. VMS — superior mesenteric vein, VIC — ileocolic vein, VCD — right colic vein, VPD — pancreatoduodenal vein, VCM — middle colic vein, VGED — right gastroepiploic vein

На втором этапе работы выполняли построение (на основании ранее сделанных эскизов) и топологические преобразования (топологическое преобразование — взаимно однозначное и взаимно непрерывное преобразование объемной фигуры) объемных фигур, отражающих порядок впадения притоков верхней брыжеечной вены (рис. 3, 4). Для упрощения интерпретации полученных данных рассматривали лишь два порядка ветвей, впадающих в верхнюю брыжеечную вену.

Как видно из рис. 3 и 4, топологические преобразования позволяют привести любой вариант впадения притоков верхней брыжеечной

вены к определенному топологическому типу, из которого путем дальнейших преобразований можно получить множество вариантов топологически однотипных анатомических вариантов. Стоит отметить, что если в структуре рассматриваемого анатомического варианта встречаются аркады, соединяющие ветви первого или второго порядка, то полученный топологический тип не будет аналогичен таковому без аркад — между ними невозможны топологические переходы (см. рис. 3, 4).

Практически во всех наблюдениях было выявлено приблизительно шесть постоянных

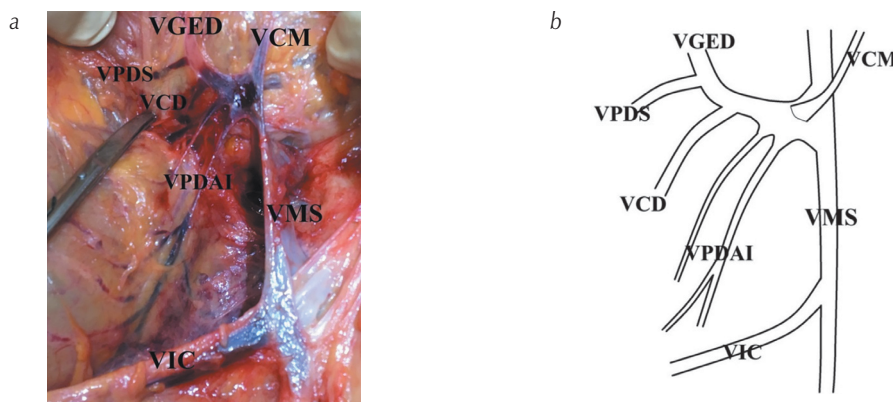


Рис. 2. Вариант венозного оттока от правой половины толстой кишки (наблюдение 10): *a* — фотография анатомического препарата; *b* — эскиз. VMS — *v. mesenterica superior*, VIC — *v. ileocolica*, VCD — *v. colica dextra*, VPD(S) — *v. pancreatoduodenalis superior*, VPD(AI) — *v. pancreatoduodenalis anterior inferior*, VCM — *v. colica media*, VGED — *v. gastroepiploica dextra*

Fig. 2. Variant of venous return from the right half of the colon (observation 10): *a* — anatomical specimen image; *b* — sketch. VMS — superior mesenteric vein, VIC — ileocolic vein, VCD — right colic vein, VPD(S) — superior pancreaticoduodenal vein, VPD(AI) — anterior inferior pancreatoduodenal vein, VCM — middle colic vein, VGED — right gastroepiploic vein

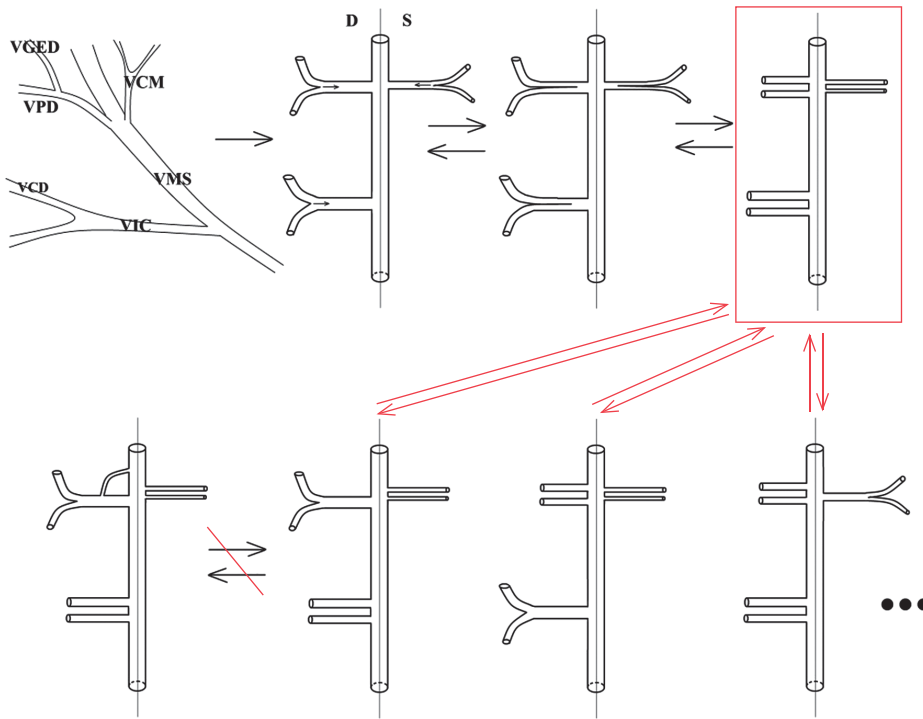


Рис. 3. Топологические преобразования объемной фигуры впадения притоков верхней брыжеечной вены (наблюдение 1)

Fig. 3. The topological conversion of the volume figures of the superior mesenteric venous system affluent branches (observation 1)

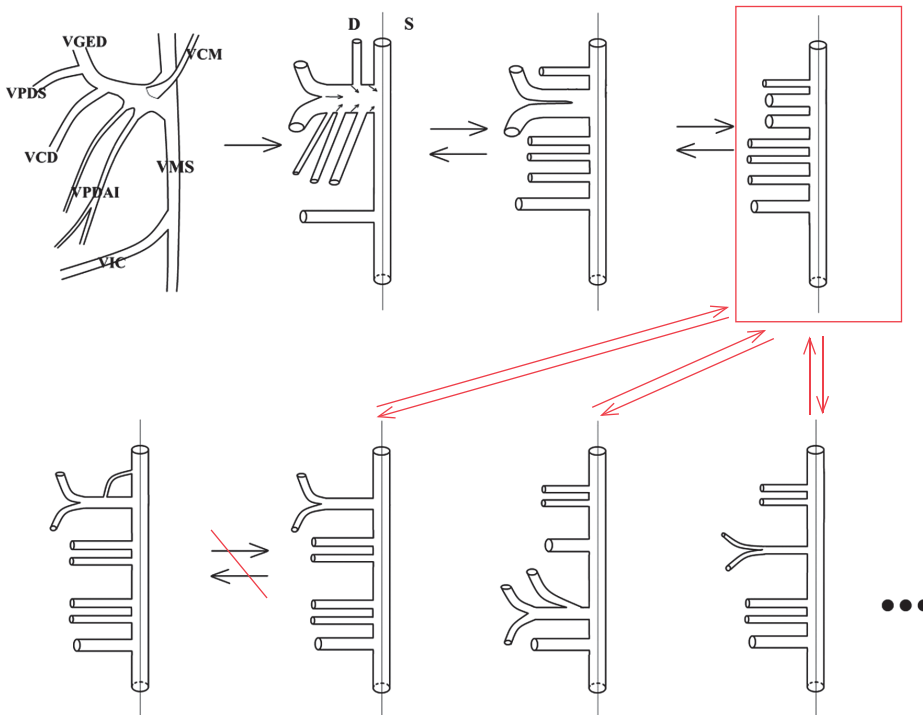


Рис. 4. Топологические преобразования объемной фигуры впадения притоков верхней брыжеечной вены (наблюдение 10)

Fig. 4. The topological conversion of the volume figures of the superior mesenteric venous system affluent branches (observation 10)

Таблица 2 / Table 2

Методика определения топологического типа венозного оттока от правой половины толстой кишки (T/S/A-классификация)
Method of determining the topological type of venous return from the right half of the colon (T/S/A-classification)

Обозначения		Наблюдение 1	Наблюдение 10
1	VCM	VCM	VCM
<i>t/s/a</i>		<i>s</i>	<i>t</i>
2	VGED	VGED	VGED
<i>t/s/a</i>		<i>t</i>	<i>t</i>
3	VPD(S)	VPD(S)	VPD(S)
<i>t/s/a</i>		<i>t</i>	<i>t</i>
4	VPD(AI)	VPD(AI)	VPD(AI)
<i>t/s/a</i>		<i>s</i>	<i>t</i>
5	VCD	VCD	VCD
<i>t/s/a</i>		<i>t</i>	<i>s</i>
6	VIC	VIC	VIC
Топологический тип		<i>s2tst</i>	<i>4ts</i>

Примечание. VCM — *v. colica media*; VGED — *v. gastroepiploica dextra*; VPD(S) — *v. pancreatoduodenalis superior*; VPD(AI) — *v. pancreatoduodenalis anterior inferior*; VCD — *v. colica dextra*; VIC — *v. ileocolica*.

притоков верхней брыжеечной вены: средняя толстокишечная вена, правая желудочно-сальниковая вена, верхняя поджелудочно-двенадцатиперстная вена, передняя нижняя поджелудочно-двенадцатиперстная вена, правая толстокишечная вена и подвздошно-ободочная вена.

Между шестью постоянными притоками существует пять топологических узлов (*TN*), в которых теоретически возможны два основных состояния: слияние и разделение (*t/s*). Кроме того, на некотором расстоянии от узла возможно образование соединяющей ветви аркады (*a*) (табл. 2).

Определить количество топологических узлов можно по следующей формуле:

$$nTN = B - 1,$$

где *nTN* — количество топологических узлов; *B* — количество притоков.

Так как в каждом узле с наибольшей вероятностью возможно осуществление двух состояний — *t/s*, общее количество всех возможных вариантов внутри данного топологического типа будет вычисляться по формуле

$$P = 2^{(B-1)},$$

где *P* — количество вариантов впадения; *B* — количество притоков.

Можно рассчитать, что при шести постоянных притоках общее количество возможных вариантов впадения составит $2^5 = 32$. Если же

учитывать вероятность наличия соединяющих аркад (*a*), то тогда количество вариантов составит уже $3^5 = 243$.

В табл. 2 приведена методика топологической классификации вариантов впадения притоков верхней брыжеечной вены на примере наблюдений 1 и 10. Выполнена нумерация от 1 до 6 постоянных притоков верхней брыжеечной вены, причем за каждым притоком закреплен определенный номер (см. табл. 2). Между номерами, соответствующими притокам, в таблице находятся строки, соответствующие «топологическим узлам», в которых возможны три состояния: слияние/разделение (*t/s*) и образование аркад (*a*).

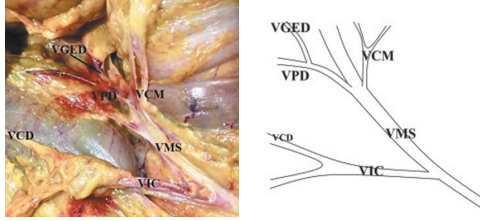
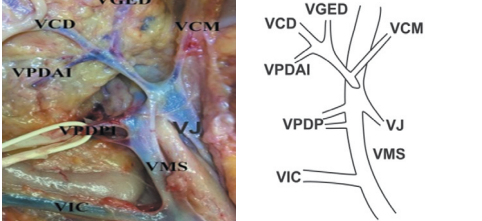
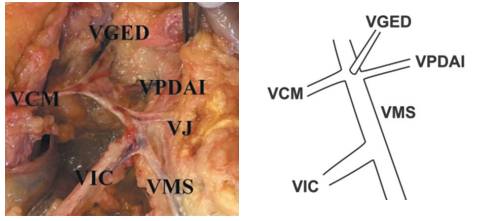
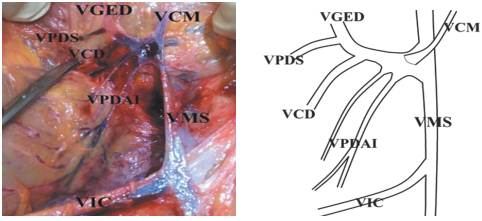
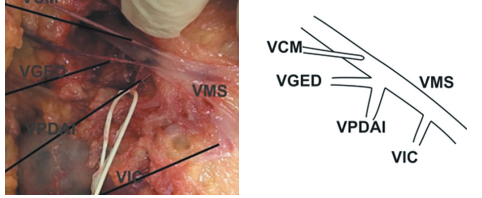
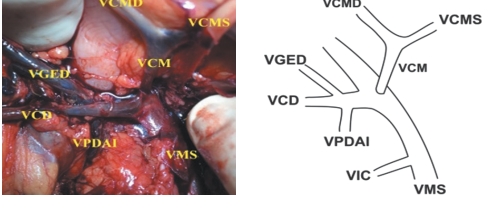
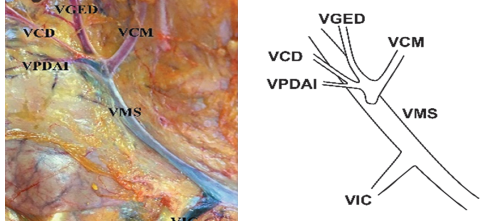
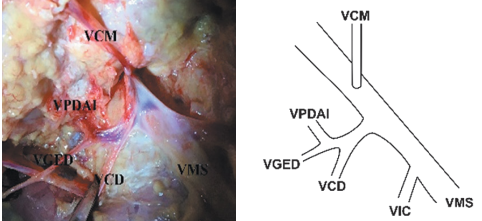
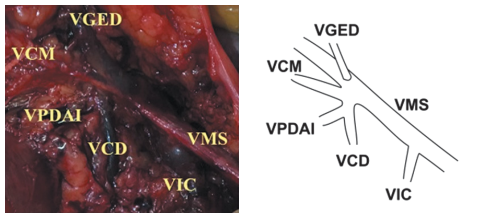
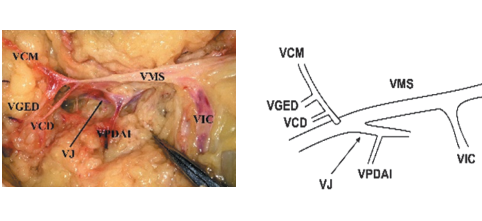
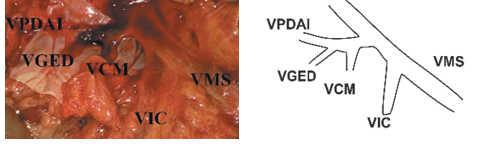
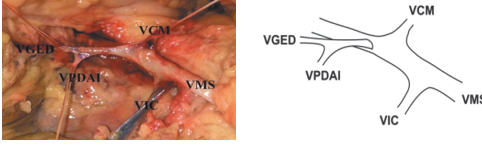
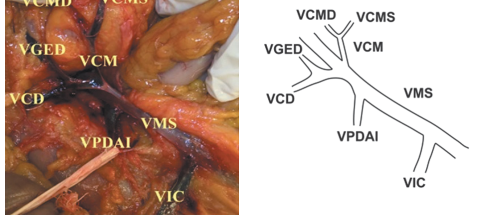
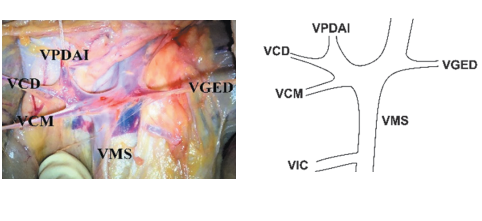
В случае когда соседние ветви сливаются в один ствол при впадении в верхнюю брыжеечную вену, топологическому узлу присваивается значение *t*, при раздельном впадении — обозначение *s*, при наличии аркад — *a*. Кроме того, для осуществления кодировки согласно предложенному принципу необходимо дополнительное введение допущения, согласно которому при отсутствии той или иной «постоянной ветви» она считается впадающей в вышележащую ветвь.

Результаты

Результаты исследования в виде цифровых фотографий с обозначениями поясняющих эскизов и кодировкой согласно T/S/A-классификации приведены в табл. 3.

Таблица 3 / Table 3

Результаты топографо-анатомического исследования
Results of the topographic-anatomical studies

№	Фото/эскиз	T/S/A	№	Фото/эскиз	T/S/A
1		s2tst	8		4fs
2		4fs	9		4fs
3		s3ts	10		s3ts
4		4fs	11		s3ts
5		4fs	12		2tst
6		4fs	13		s3ts
7		s2t2s	14		4fs

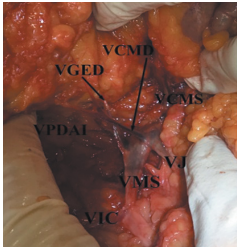
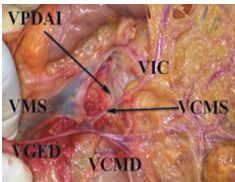
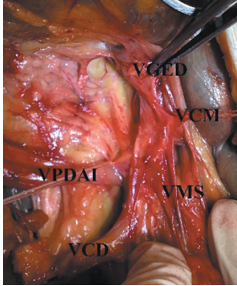
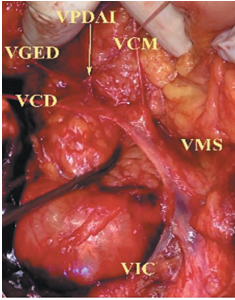
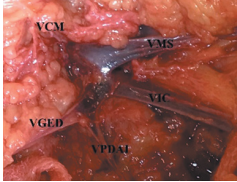
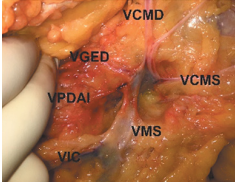
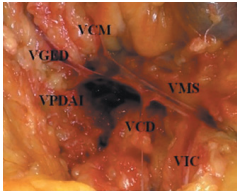
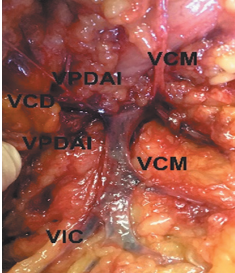
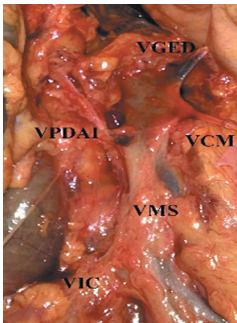
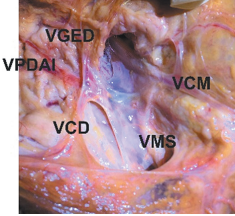
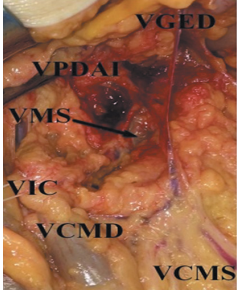
№	Фото/эскиз	T/S/A	№	Фото/эскиз	T/S/A
15		4ts	21		4ts
16		5s	22		s3ts
17		s4t	23		2s2ts
18		s3ts	24		s3ts
19		5s	25		s3ts
20		4ts			

Таблица 4 / Table 4

Распределение отдельных топологических типов в выборке
Distribution of individual topological types in the sample

№	Топологический тип	<i>n</i>	%
1	4ts	10	40
2	s3ts	8	32
3	5s	2	8
4	s2tst	1	4
5	s2t2s	1	4
6	2tsts	1	4
7	s4t	1	4
8	2s2ts	1	4

Из 32 теоретически возможных топологических вариантов в данном исследовании было выявлено 8. Распределение отдельных топологических типов представлено в табл. 4 и на рис. 5.

Перспективы дальнейшей разработки темы

На основе предложенной классификации разрабатывается метод предоперационного планирования правосторонней гемиколонэктомии, основанной на данных, полученных с помощью компьютерной томографии (рис. 6). Трехмерная реконструкция и сегментация анатомических структур осуществляются с использованием open-source-библиотек VMTk (Vascular

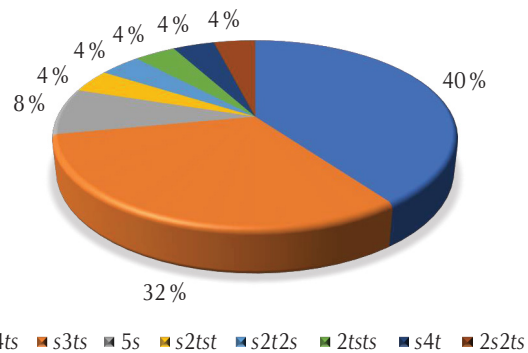


Рис. 5. Распределение отдельных топологических типов в выборке (*n* = 25)

Fig. 5. Distribution of individual topological types in the sample (*n* = 25)

Modeling Toolkit) и ИТК (Insight Segmentation and Registration Toolkit) для Python [5, 6]. Полученный трехмерный объект перестраивается в блоке ретопологии в соответствии с предложенной классификацией. Результатом преобразований является упрощенная, но топологически эквивалентная интерпретация притоков верхней брыжеечной вены, которая позволяет хирургу спланировать клипирование, пересечение или резекцию венозного сегмента зоны интереса.

Выводы

1. При выполнении топографо-анатомического исследования было определено множество вариантов впадения притоков верхней

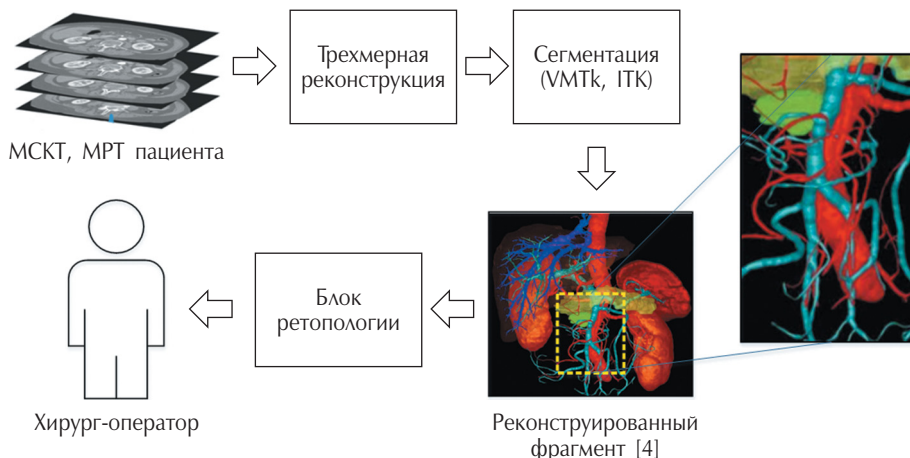


Рис. 6. Блок-схема программного комплекса для полуавтоматической ретопологии притоков верхней брыжеечной вены

Fig. 6. Flowchart of the software complex for semi-automatic retopology of inflow superior mesenteric vein

брыжеечной вены и слияния их между собой, при этом подвздошно-ободочная вена наиболее редко сливалась с другими притоками и имела относительно постоянное место впадения в верхнюю брыжеечную вену.

2. В результате кодировки и классификации выявленных вариантов на основании принципов топологии и комбинаторики было установлено, что наиболее часто встречающимися топологическими типами являются *4ts* и *s3ts*: соответственно 10-е и 8-е наблюдения из 25.
3. Топологический вариант *4ts* подразумевает повышенный риск возникновения осложнений при перевязке общего ствола, образующегося при слиянии постоянных притоков верхней брыжеечной вены.

Список литературы

1. Lee SJ, Park SC, Kim MJ, et al. Vascular Anatomy in Laparoscopic Colectomy for Right Colon Cancer. *Dis Colon Rectum*. 2016;59(8):718-724. doi: 10.1097/DCR.0000000000000636.
2. Kuzu MA, İsmail E, Çelik S, et al. Variations in the Vascular Anatomy of the Right Colon and Implications for Right-Sided Colon Surgery. *Dis Colon Rectum*. 2017;60(3):290-298. doi: 10.1097/DCR.0000000000000777.
3. Alsabilah J, Kim WR, Kim NK. Vascular Structures of the Right Colon: Incidence and Variations with Their Clinical Implications. *Scand J Surg*. 2017;106(2):107-115. doi: 10.1177/1457496916650999.
4. Klauss M, Schöbinger M, Wolf I, et al. Value of three-dimensional reconstructions in pancreatic carcinoma using multidetector CT: Initial results. *World J Gastroenterol*. 2009;15(46):5827-5832.
5. <http://www.vmtk.org>.
6. <https://itk.org>.

◆ Адрес автора для переписки (Information about the author)

Александр Александрович Смирнов / Aleksandr Smirnov
Тел. / Tel.: +7(981)7610747
E-mail: savmeda@yandex.ru
ORCID iD: 0000-0002-2661-3759