

Артериальное кровоснабжение печени в аспекте трансплантации правой доли печени от живого донора: варианты анатомии и реконструкции

С.Э. Восканян, И.Ю. Колышев[✉], А.Н. Башков, А.И. Артемьев, В.С. Рудаков,
М.В. Шабалин, М.В. Попов, А.И. Сушков, Г.В. Вохмянин

ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России,
123098, Россия, Москва, ул. Маршала Новикова, д. 23

[✉]Автор, ответственный за переписку: Илья Юрьевич Колышев, канд. мед. наук, заведующий хирургическим отделением № 1 Центра новых хирургических технологий ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, diffdiagnoz@mail.ru

Аннотация

Актуальность. Безопасное изъятие правой доли печени и восстановление артериального кровоснабжения печеночного трансплантата возможно только при полноценном понимании анатомии печеночной артерии у донора.

Цель. Описать новые и дополнить имеющиеся сведения об анатомических особенностях артериального кровоснабжения правой доли печени у донора в зависимости от расположения устья артерий, их числа, места отхождения артерии к 4-му сегменту печени, синтопии с окружающими анатомическими структурами.

Материал и методы. В ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна с 2009 по 2021 год было проведено 306 трансплантаций печени от живого родственного донора. Проанализирована сосудистая анатомия 518 потенциальных доноров. Произведена оценка частоты встречаемости различных вариантов артериального кровоснабжения правой доли печени у потенциальных доноров.

Результаты. Были выделены 11 типов артериального кровоснабжения правой доли печени и 7 подтипов анатомии артерии 4-го сегмента печени. Донорство правой доли печени и реконструкция артериального кровотока возможна при всех типах и подтипах кроме типа К и подтипа 7. Частота наблюдения типов и подтипов, при которых была выполнена реконструкция, составила: тип А, подтипы 1–5 (58,4%, 26,1%, 5,5%, 1,9%, 0,3%); тип В, подтип 1, 4, 5 (по 0,3% каждый); тип С, подтипы 1, 2 (2,9%, 1,3%); тип D, подтипы 1, 3 (по 0,3% каждый); тип Е, подтип 1 (0,6%), тип F–J, подтип 1 (по 0,3% каждый). Частота артериальных послеоперационных осложнений (11 наблюдений) составила 3,5% от общего числа операций ($n=306$) и 5,9% от общего числа пациентов с осложнениями ($n=184$). Летальность, связанная с патологией артерии трансплантата, составила 1,9% (6 наблюдений).

Выводы. Были дополнены и детализированы существующие классификации артериального кровоснабжения правой доли печени в аспекте ее трансплантации. Выделены подходящие и неподходящие для донорства варианты анатомии.

Ключевые слова: родственная трансплантация печени, анатомия, печеночная артерия, реконструкция, классификация

Конфликт интересов Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Финансирование Исследование проводилось без спонсорской поддержки

Для цитирования: Восканян С.Э., Колышев И.Ю., Башков А.Н., Артемьев А.И., Рудаков В.С., Шабалин М.В. и др. Артериальное кровоснабжение печени в аспекте трансплантации правой доли печени от живого донора: варианты анатомии и реконструкции. *Трансплантология*. 2024;16(4):400–411. <https://doi.org/10.23873/2074-0506-2024-16-4-400-411>

Arterial liver supply in aspect of right lobe living donor liver transplantation: anatomical variants and reconstruction

S.E. Voskanyan, I.Yu. Kolyshev✉, A.N. Bashkov, A.I. Artemyev, V.S. Rudakov,
M.V. Shabalin, M.V. Popov, A.I. Sushkov, G.V. Vohmyanin

State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency,
23 Marshal Novikov St., Moscow 123098 Russia

✉Corresponding author: Ilya Yu. Kolyshev, Cand. Sci. (Med.), Head of the Surgical Department № 1,
Center for Surgery and Transplantation, State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center
of Federal Medical Biological Agency, diffdiagnoz@mail.ru

Abstract

Background. A safe removal of the liver right lobe and restoration of arterial blood supply to the liver graft is possible only with a full understanding of the anatomy of the hepatic artery in a donor.

Objective. To describe new and extend contemporary data on anatomical variations of the arterial blood flow in a donor of the right liver lobe.

Material and methods. From 2009 to 2021, 306 living donor liver transplantations were performed in the State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency. The vascular anatomy of 518 potential donors was analyzed. Hepatic artery anatomical variants of a right lobe graft were assessed.

Results. Eleven types of right lobe arterial supply and 7 subtypes of the arterial anatomy of liver segment 4 were identified. The case rates of types and subtypes where reconstruction could be performed were following: type A, subtypes 1, 2, 3, 4, 5 (57.5%, 26.1%, 5.5%, 1.9%, 0.3%, respectively); type B, subtypes 1, 4, 5 (0.3% each); type C, subtypes 1, 2 (2.9%, 1.3%, respectively); type D, subtypes 1, 3 (0.3% each); type E subtype 1 (0.6%), types F-J subtype 1 (0.3% each). Liver right lobe harvesting and arterial reconstructions were fully performed in all types and subtypes excluding anatomical type K, subtype 7. Arterial postoperative complications (11 cases) were detected in 3.5% observed cases of 306 transplants and in 5.9% of all patients with complications (184). Mortality rate due to arterial complications was 1.9% (6 cases).

Conclusion. The existing classification of right liver graft hepatic artery anatomy was updated and detailed regarding the applicability in right lobe liver transplant. The arterial anatomy of right lobe liver graft shows great variability and complexity for systematization and thus may need further studies.

Keywords: living donor liver transplantation, anatomy, hepatic artery, reconstruction, classification

CONFLICT OF INTERESTS

Authors declare no conflict of interest

FINANCING

The study was performed without external funding

For citation: Voskanyan SE, Kolyshev IYu, Bashkov AN, Artemyev AI, Rudakov VS, Shabalin MV, et al. Arterial liver supply in aspect of right lobe living donor liver transplantation: anatomical variants and reconstruction. *Transplantologiya. The Russian Journal of Transplantation*. 2024;16(4):400–411. (In Russ.). <https://doi.org/10.23873/2074-0506-2024-16-4-400-411>

ББА – верхняя брыжеечная артерия
ВВ – воротная вена
ГДА – гастродуоденальная артерия
ЗсПА – задняя секторальная печеночная артерия
ЛПА – левая печеночная артерия
МСКТ – мультиспиральная компьютерная томография
ОЖП – общий желчный проток
ОПА – общая печеночная артерия
ОПП – общий печеночный проток

ПА – печеночная артерия
ПДП – правая доля печени
ППА – правая печеночная артерия
ПсПА – передняя секторальная печеночная артерия
СПА – собственная печеночная артерия
ТПДП – трансплантация правой доли печени
ЧС – чревный ствол
ЭВЛ – эндоваскулярное лечение
aS4 – артерия к 4-му сегменту печени

Введение

Восстановление артериального кровотока при трансплантации печени от живого родственного донора является ответственной и сложной задачей оперативного вмешательства. Технические ошибки и целый ряд предрасполагающих факторов, таких как проведение трансартериальной химиоэмболизации и других операций на печени

в анамнезе, атеросклероз сосудов, множественность и малый диаметр артерий создают предпосылки к развитию нередко фатального осложнения – тромбоза печеночной артерии (ПА) [1, 2]. Частота осложнений со стороны ПА достигает 2–9% [3]. Летальность при тромбозе ПА при родственной трансплантации печени колеблется от 3 до 80% [4–8]. В отличие от трупной трансплантации печени, где артериальная реконструк-

ция может быть выполнена на более крупных артериальных ветвях, сохраненных при эксплантации органа, при родственной трансплантации артериальная реконструкция всегда предполагает использование микрохирургической техники. Помимо этого важную роль играет понимание анатомии артериального кровоснабжения правой доли печени (ПДП). Последнее не столь разнообразно, как кровоснабжение левой доли, где чаще наблюдаются варианты наличия двух и даже трех ПА [9]. Тем не менее артериальное кровоснабжение ПДП также может осуществляться из 2 и даже 3 артерий, ствол единственной ПА может оказаться коротким и иметь малый диаметр, в ряде случаев наблюдается отхождение ветви к 4-му сегменту печени из бассейна правой печеночной артерии (ППА). Все указанные ситуации должны быть учтены еще на дооперационном этапе с целью минимизации операционных рисков как для донора, так и для реципиента.

Цель. Описание анатомических вариантов артериального кровоснабжения правой доли печени в разрезе ее использования при трансплантации.

Материал и методы

В данной работе мы намеренно остановились лишь на классификационных вопросах и подробно не затрагивали особенности хирургической техники реконструкции ПА, так как эти аспекты трансплантации правой доли печени (ТПДП) заслуживают отдельного скрупулезного рассмотрения. Был проанализирован опыт выполненных в 2009–2021 годах 306 ТПДП у взрослых от живого родственного донора. В качестве потенциальных доноров были обследованы 518 человек. Оценку анатомических особенностей строения ПА осуществляли на предоперационном этапе при помощи мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) с внутривенным контрастированием.

Проведены ретро- и проспективное исследования артериальной анатомии ПА на основании данных МСКТ.

В ходе выполнения донорской гемигепатэктомии после холецистэктомии выполняли мобилизацию элементов гепатодуоденальной связки. Способ мобилизации ПА также зависел от ее анатомических особенностей. В большинстве случаев выполняли мобилизацию только ППА в зоне, синтопически соответствовавшей месту слияния долевого печеночного протока и несколько кау-

дальнее. По необходимости во избежание развития ретроградных тромбов в перевязанной длинной культя ПА выделяли ее устье, а перевязку проводили не далее чем в 5 мм от него. Также избегали деваскуляризации общего желчного протока на протяжении. Воротную вену (ВВ) или ее доступные ветви также циркулярно мобилизовывали в гепатодуоденальной связке. Перед наложением сосудистых зажимов на ВВ кровотока по ПА ограничивают сосудистым зажимом типа «бульдог». ПА пересекают в первую очередь и строго перпендикулярно ее оси острым скальпелем. Остаток сосуда перевязывают [10,11]. На этапе “back-table” осуществляют промывание ПА через металлическую канюлю путем введения в нее раствора «Кустодиол» при температуре 4°C с добавлением гепарина в разведении 1000 Ед на 1 л раствора в объеме 50 мл. Далее экономно иссекают избытки периартериальных тканей. Формирование артериального анастомоза возможно как отдельными швами, так и непрерывным швом с использованием бинокулярной лупы с увеличением $\times 2,5-3,5$, что зависит от предпочтений хирурга. Контрольные ультразвуковые исследования с целью оценки скорости кровотока в трансплантате проводят непосредственно после восстановления тока крови по ВВ и ПА во время операции, далее через несколько часов после операции, затем ежедневно в течение первой недели и далее по необходимости.

В основу классификации легли следующие группирующие факторы: место отхождения артерии, синтопия по отношению к ВВ и желчным протокам, число артерий, кровоснабжающих правую долю печени, отношение к собственной ПА (СПА), а также место отхождения артерии к 4-му сегменту печени. Также использованы понятия, предложенные N. Michels, согласно которым артерии, кровоснабжающие печень и не отходящие от СПА, называют абберантными, которые в свою очередь делят на добавочные, когда они дублируют по функции уже имеющиеся сосуды, и замещающие, когда они кровоснабжают те или иные отделы печени вместо обычных сосудов [12].

Результаты

Предложена классификация анатомо-топографических типов строения ППА. Итого было выделено 11 анатомических типов артерий. Дополнительно было выделено 7 подтипов артерий, кровоснабжавших 4-й сегмент печени. Определения типов и подтипов, а также возмож-

ность выполнения реконструкции приведены в таблице. Указанная классификация приведена на снимках и реконструкциях МСКТ, схематических рис. 1–18. Частота наблюдения различных типов в серии из 306 выполненных трансплантаций составила: тип А, подтипы 1–5 (58,4%, 26,1%, 5,5%, 1,9%, 0,3%); тип В, подтип 1, 4, 5 (по 0,3% каждый); тип С, подтипы 1, 2 (2,9%, 1,3%); тип D, подтипы 1, 3 (по 0,3% каждый); тип Е, подтип 1 (0,6%), тип F–J, подтип 1 (по 0,3% каждый). Каждый выделенный тип подвергся артериальной реконструкции, кроме типа К – зарегистрированного лишь у одного потенциального донора, не подошедшего для донорства по иным причинам, и подтипе 7, а priori рассматривавшимся как неподходящий для донорства.

Таблица. Классификация типов и подтипов артерии правой доли печени донора

Table. Classification of arterial types and subtypes of the donor liver right lobe

Тип	Определение	Возможность донорства
А	Имеет место СПА и ее бифуркация на ППА и левой ПА (ЛПА)	+
В	ППА отходит от СПА и проходит позади воротной вены	+
С	Замещающая ППА отходит от ВБА (аорта, чревный ствол (ЧС) и др.)	+
Д	Добавочная ППА отходит от ВБА (аорта, ЧС и др.), ППА от СПА	+
Е	Раннее деление ППА на переднюю секторальную ПА (ПсПА) и заднюю секторальную ПА (ЗсПА), между которыми проходит общий печеночный проток	+
Ф	Трифуркация общей ПА (ОПА) на гастродуоденальную артерию (ГДА), ЛПА и ППА	+
Г	Квадрифуркация ОПА на ГДА, артерию к S2,3, артерию к S4 и ППА	+
Н	Фенестрация ППА, при которой ППА делится на два сосуда, огибая общий печеночный проток спереди и сзади, а затем сливается в одну ППА	+
И	ЛПА отсутствует, короткая СПА делится на артерию к S4 и ППА, которая отдает ветвь к S8	+
Ж	ЗсПА самостоятельно отходит от СПА, раннее деление последней на ЛПА и ПсПА	+
К	Правая доля печени кровоснабжается тремя артериями	-

Подтип (по артерии к S4 печени)	Определение	Возможность донорства
1	Артерия к S4 отходит от ППА	+
2	Артерия к S4 отходит от ЛПА	+
3	Артерия к S4 отходит от ППА в непосредственной близости от места отхождения секторальных ветвей	+
4	Трифуркация ППА: артерия к S4 отходит на одном уровне с ПсПА и ЗсПА	+
5	Артерия к S4 отходит от ПсПА	+
6	Артерии к S4 отходят от ППА и ЛПА	+
7	ПсПА или сегментарная ПА к S5 или S8 отходят от артерии S4 печени из бассейна ЛПА	-

Примечания: ЗсПА – задняя секторальная печеночная артерия, ЛПА – левая печеночная артерия, ОПА – общая печеночная артерия, ПсПА – передняя секторальная печеночная артерия, ЧС – чревный ствол

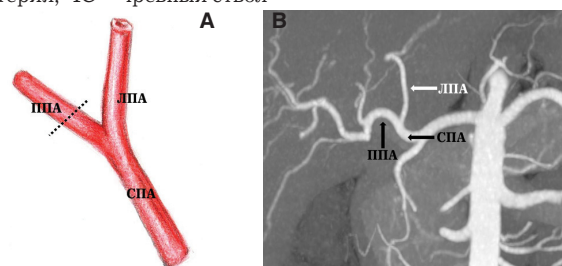


Рис. 1. Анатомический тип А. А – схема; В – мультиспиральная компьютерная томограмма. ППА – правая печеночная артерия, ЛПА – левая печеночная артерия, СПА – собственная печеночная артерия; пунктиром обозначено место пересечения ППА

Fig. 1. Anatomical type A. A, diagram; B, multislice spiral computed tomography. RHA, right hepatic artery; LHA, left hepatic artery; PHA, proper hepatic artery; the dotted line indicates the site of the RHA transection

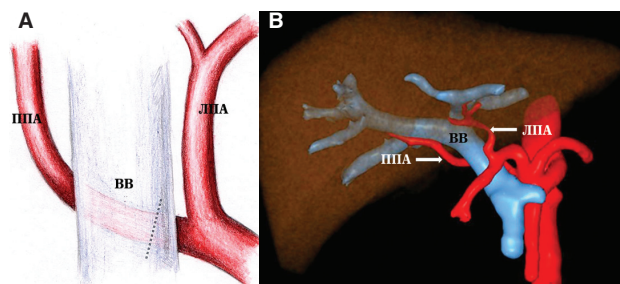


Рис. 2. Анатомический тип В. А – схема; В – реконструкция мультиспиральной компьютерной томограммы. ППА – правая печеночная артерия, ЛПА – левая печеночная артерия, ВВ – воротная вена; пунктиром обозначено место пересечения ППА

Fig. 2. Anatomical type B. A, diagram; B, reconstruction of multislice spiral computed tomography. RHA, right hepatic artery; LHA, left hepatic artery; PV, portal vein; the dotted line indicates the site of RHA transection

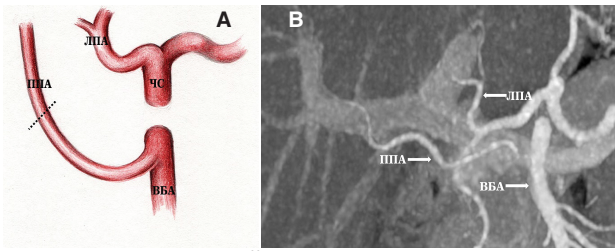


Рис. 3. Анатомический тип С. А – схема; В – мульти-спиральная компьютерная томограмма. РПА – правая печеночная артерия, ЛПА – левая печеночная артерия, ЧС – чревный ствол, ВБА – верхняя брыжеечная артерия; пунктиром обозначено место пересечения РПА

Fig. 3. Anatomical type C. A, diagram; B, multislice spiral computed tomography. RHA, right hepatic artery; LHA, left hepatic artery; CT, celiac trunk; SMA, superior mesenteric artery; the dotted line indicates the site of the RHA transection

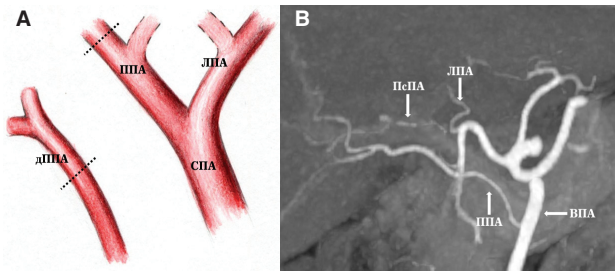


Рис. 4. Анатомический тип D. А – схема; В – мульти-спиральная компьютерная томограмма. РПА – правая печеночная артерия, дРПА – добавочная правая печеночная артерия, ЛПА – левая печеночная артерия, СПА – собственная печеночная артерия; ВБА – верхняя брыжеечная артерия; пунктиром обозначено место пересечения дРПА

Fig. 4. Anatomical type D. A, diagram; B, multislice spiral computed tomography. RHA, right hepatic artery; ARHA, accessory right hepatic artery; AsHA, anterior sectoral hepatic artery; LHA, left hepatic artery; PHA, proper hepatic artery; SMA, superior mesenteric artery; the dotted line indicates the site of the ARHA

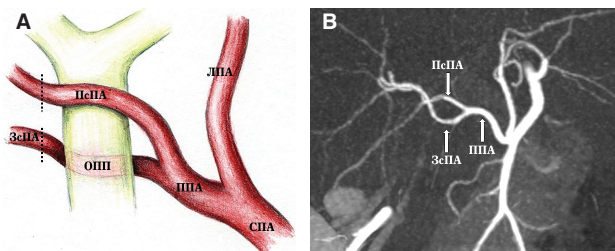


Рис. 5. Анатомический тип E. А – схема; В – мульти-спиральная компьютерная томограмма. РПА – правая печеночная артерия, ЗсПА – задняя секторальная печеночная артерия, ЛПА – левая печеночная артерия, СПА – собственная печеночная артерия; ОПП – общий печеночный проток; пунктиром обозначено место пересечения ЗсПА и ОПП

Fig. 5. Anatomical type E. A, diagram; B, multislice spiral computed tomography. RHA, right hepatic artery; AsHA, anterior sectoral hepatic artery; PsHA, posterior sectoral hepatic artery; LHA, left hepatic artery; PHA, proper hepatic artery; CHD, common hepatic duct; the dotted lines indicate the sites of PsHA and AsHA transection

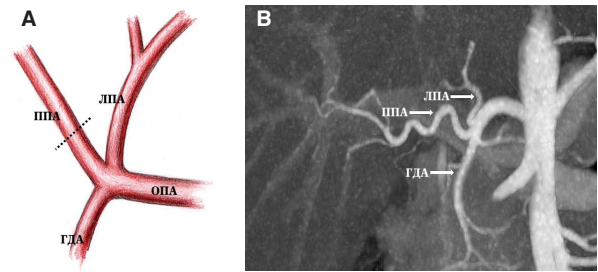


Рис. 6. Анатомический тип F. А – схема; В – мульти-спиральная компьютерная томограмма. РПА – правая печеночная артерия, ЛПА – левая печеночная артерия, ГДА – гастродуоденальная артерия; ОПА – общая печеночная артерия; пунктиром обозначено место пересечения РПА

Fig. 6. Anatomical type F. A, diagram; B, multislice spiral computed tomography. RHA, right hepatic artery; LHA, left hepatic artery; GDA, gastroduodenal artery; CHA, common hepatic artery; the dotted line indicates the site of the RHA transection

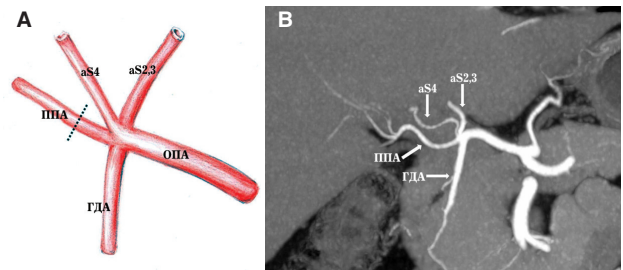


Рис. 7. Анатомический тип G. А – схема; В – мульти-спиральная компьютерная томограмма. РПА – правая печеночная артерия, ГДА – гастродуоденальная артерия, ОПА – общая печеночная артерия, аS4 – артерия к 4-му сегменту печени, аS2, 3 – артерия к 2-му, 3-му сегментам печени; пунктиром обозначено место пересечения РПА

Fig. 7. Anatomical type G. A, diagram; B, multislice spiral computed tomography. RHA, right hepatic artery; GDA, gastroduodenal artery; CHA, common hepatic artery; аS4, the artery to segment 4 of the liver; аS2, 3, the artery to the 2nd, 3rd segments of the liver; the dotted line indicates the site of the RHA transection

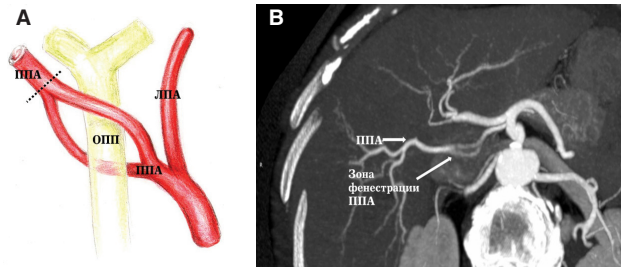


Рис. 8. Анатомический тип H. А – схема; В – мульти-спиральная компьютерная томограмма. РПА – правая печеночная артерия, ЛПА – левая печеночная артерия, ОПП – общий печеночный проток; пунктиром обозначено место пересечения РПА

Fig. 8. Anatomical type H. A, diagram; B, multislice spiral computed tomography. RHA, right hepatic artery; LHA, left hepatic artery; CHD, common hepatic duct; the dotted line indicates the site of the RHA transection

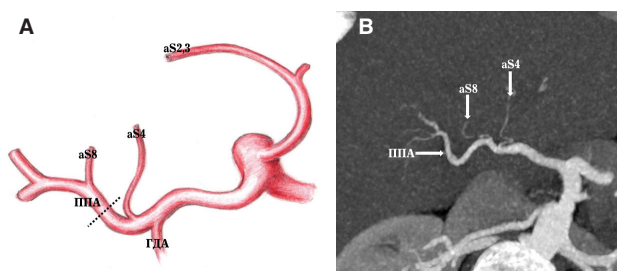


Рис. 9. Анатомический тип I. А – схема; В – мульти-спиральная компьютерная томограмма. РПА – правая печеночная артерия, ГДА – гастродуоденальная артерия, aS4 – артерия к 4-му сегменту печени, aS2, 3 – артерия к 2-му, 3-му сегментам печени; aS8 – артерия к 8-му сегменту печени; пунктиром обозначено место пересечения РПА

Fig. 9. Anatomical type I. A, diagram; B, multislice spiral computed tomography. RHA, right hepatic artery; GDA, gastroduodenal artery; aS4, the artery to the 4th segment of the liver; aS2, 3, the artery to the 2nd, 3rd segments of the liver; aS8, artery to the 8th segment of the liver; the dotted line indicates the site of the RHA transection

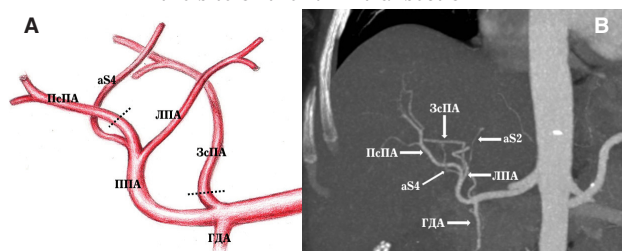


Рис. 10. Анатомический тип J. А – схема; В – мульти-спиральная компьютерная томограмма. РПА – правая печеночная артерия, ГДА – гастродуоденальная артерия, PsHA – передняя секторальная печеночная артерия, ZsHA – задняя секторальная печеночная артерия, ЛПА – левая печеночная артерия, aS4 – артерия к 4-му сегменту печени; пунктиром обозначено место пересечения PsHA и ZsHA

Fig. 10. Anatomical type J. A, diagram; B, multislice spiral computed tomography. RHA, right hepatic artery; GDA, gastroduodenal artery; AsHA, anterior sectoral hepatic artery; PsHA, posterior sectoral hepatic artery; LHA, left hepatic artery; aS4, the artery to the 4th segment of the liver; the dotted lines indicate the sites of the AsHA and PsHA transection

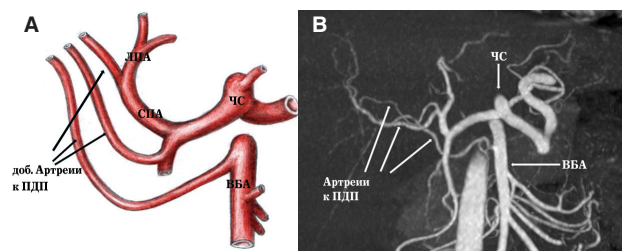


Рис. 11. Анатомический тип К. А – схема; В – мульти-спиральная компьютерная томограмма. ЛПА – левая печеночная артерия, СМ – собственная печеночная артерия, ПГА – правая доля печени, ВБА – верхняя брыжеечная артерия, ЧС – чревный ствол

Fig. 11. Anatomical type K. A, diagram; B, multislice spiral computed tomography. LHA, left hepatic artery; PHA, proper hepatic artery; LRTL, liver right lobe; SMA, superior mesenteric artery; CT, celiac trunk

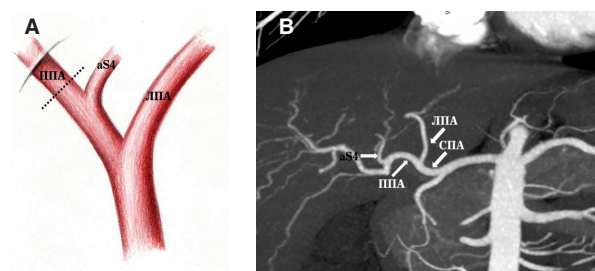


Рис. 12. Анатомический подтип 1. А – схема; В – мульти-спиральная компьютерная томограмма. РПА – правая печеночная артерия, ЛПА – левая печеночная артерия, aS4 – артерия к 4-му сегменту печени; пунктиром обозначено место пересечения РПА

Fig. 12. Anatomical subtype 1. A, diagram; B, multislice spiral computed tomography. RHA, right hepatic artery; LHA, left hepatic artery; aS4, the artery to the 4th segment of the liver; the dotted line indicates the site of the RHA transection

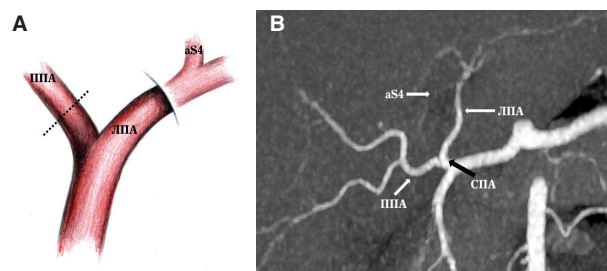


Рис. 13. Анатомический подтип 2. А – схема; В – мульти-спиральная компьютерная томограмма. РПА – правая печеночная артерия, ЛПА – левая печеночная артерия, aS4 – артерия к 4-му сегменту печени; пунктиром обозначено место пересечения РПА

Fig. 13. Anatomical subtype 2. A, diagram; B, multislice spiral computed tomography. RHA, right hepatic artery; LHA, left hepatic artery; aS4, the artery to the 4th segment of the liver; the dotted line indicates the site of the RHA transection

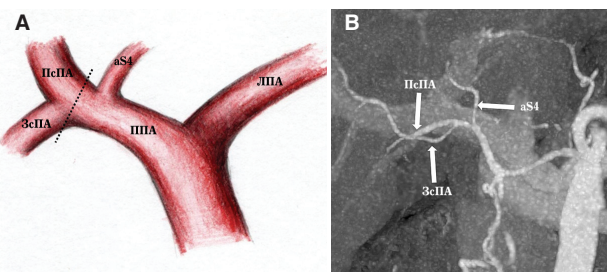


Рис. 14. Анатомический подтип 3. А – схема; В – мульти-спиральная компьютерная томограмма. РПА – правая печеночная артерия, PsHA – передняя секторальная печеночная артерия, ZsHA – задняя секторальная печеночная артерия, ЛПА – левая печеночная артерия, aS4 – артерия к 4-му сегменту печени; пунктиром обозначено место пересечения РПА

Fig. 14. Anatomical subtype 3. A, diagram; B, multislice spiral computed tomography. RHA, right hepatic artery; AsHA, anterior sectoral hepatic artery; PsHA, posterior sectoral hepatic artery; LHA, left hepatic artery; aS4, the artery to the 4th segment of the liver; the dotted line indicates the site of the RHA transection

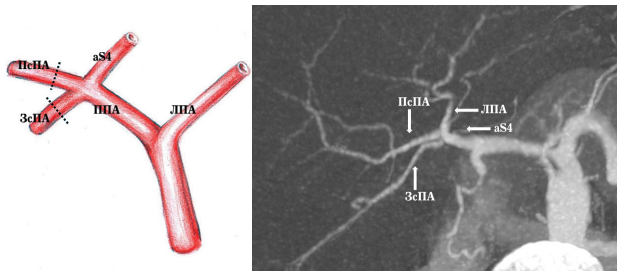


Рис. 15. Анатомический подтип 4. А – схема; В – мульти-спиральная компьютерная томограмма. РПА – правая печеночная артерия, РсПА – передняя секторальная печеночная артерия, ПсПА – задняя секторальная печеночная артерия, ЛПА – левая печеночная артерия, аS4 – артерия к 4-му сегменту печени; пунктиром обозначено место пересечения РсПА и ПсПА

Fig. 15. Anatomical subtype 4. A, diagram; B, multislice spiral computed tomography. RHA, right hepatic artery; AsHA, anterior sectoral hepatic artery; PsHA, posterior sectoral hepatic artery; LHA, left hepatic artery; aS4, the artery to the 4th segment of the liver; the dotted lines indicate the sites of the AsHA and PsHA transection



Рис. 16. Анатомический подтип 5. А – схема; В – мульти-спиральная компьютерная томограмма. РПА – правая печеночная артерия, РсПА – передняя секторальная печеночная артерия, ПсПА – задняя секторальная печеночная артерия, ЛПА – левая печеночная артерия, аS4 – артерия к 4-му сегменту печени; пунктиром обозначено место пересечения РсПА и ПсПА

Fig. 16. Anatomical subtype 5. A, diagram; B, multislice spiral computed tomography. RHA, right hepatic artery; AsHA, anterior sectoral hepatic artery; PsHA, posterior sectoral hepatic artery; LHA, left hepatic artery; aS4, the artery to the 4th segment of the liver; the dotted lines indicate the sites of the AsHA and PsHA transection

Частота артериальных послеоперационных осложнений (11 наблюдений) составила 3,5% от общего числа операций (n=306) и 5,9% от общего числа пациентов с осложнениями (n=184) (рис. 19). 10 пациентам была предпринята попытка эндоваскулярной коррекции осложнений, которая оказалась успешной у половины из них. При этом выполняли стентирование, баллонную дилатацию, тромбэктомия и локальный тромболизис. Четверем пациентам была выполнена эндоваскулярная коррекция в связи со стенозом ПА, одному – в связи с ее критическим перегибом в

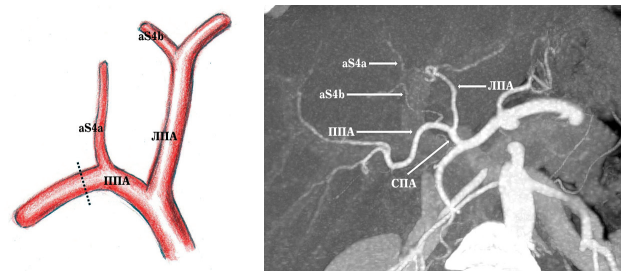


Рис. 17. Анатомический подтип 6. А – схема; В – мульти-спиральная компьютерная томограмма. РПА – правая печеночная артерия, ЛПА – левая печеночная артерия, СПА – собственная печеночная артерия, аS4a – артерия к сегменту 4А печени, аS4b – артерия к сегменту 4В печени; пунктиром обозначено место пересечения РсПА

Fig. 17. Anatomical subtype 6. A, diagram; B, multislice spiral computed tomography. RHA, right hepatic artery; LHA, left hepatic artery; PHA, proper hepatic artery; aS4a, the artery to segment 4A of the liver; aS4b, the artery to segment 4B of the liver; the dotted line indicates the site of the RHA transection

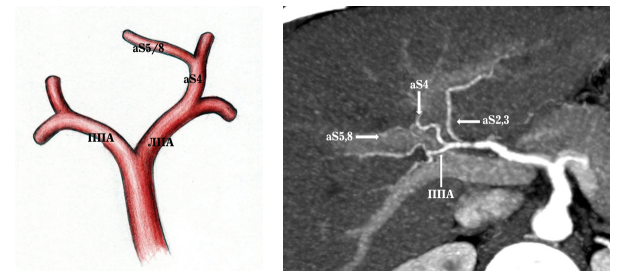


Рис. 18. Анатомический подтип 7. А – схема; В – мульти-спиральная компьютерная томограмма. РПА – правая печеночная артерия, ЛПА – левая печеночная артерия, аS4 – артерия к 4-му сегменту печени, аS2, 3 – артерия к 2-му, 3-му сегментам печени, аS5, 8 – артерия к 5-му, 8-му сегментам печени

Fig. 18. Anatomical subtype 7. A, diagram; B, multislice spiral computed tomography. RHA, right hepatic artery; LHA, left hepatic artery; S4, artery to the 4th segment of the liver; aS2, 3, the artery to the 2nd, 3rd segments of the liver; aS5, 8, the artery to the 5th, 8th segments of the liver

результате неустраненного кинкинга. Открытая ревизия артериального анастомоза была выполнена 2 пациентам после неуспешного применения эндоваскулярного лечения (ЭВЛ), однако восстановить кровоток не удалось. Ретрансплантация печени как метод лечения артериальной патологии при неудачных попытках ЭВЛ была предпринята в 3 наблюдениях (2 – от родственного донора, 1 – от посмертного). В одном случае ретрансплантация оказалась успешной. Летальность, связанная с патологией артерии трансплантата, составила 1,9% (6 наблюдений).

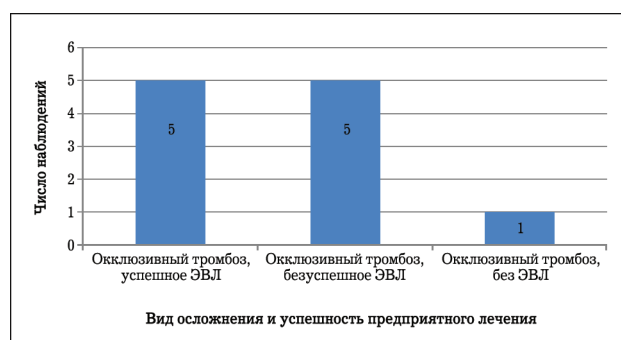


Рис. 19. Распределение по типам осложнений и вариантам лечения

Fig. 19. Distribution by types of complications and treatment options

Обсуждение

Восстановление артериального кровотока является сложным и ответственным этапом трансплантации правой доли печени от живого родственного донора. Ее успех зависит от множества факторов, описанных выше. Тем не менее на фоне большого внимания к техническим особенностям артериального анастомоза и predisposing к тромбозу факторам анатомические особенности зачастую остаются без должного внимания. В действительности в отличие от трансплантации левой доли печени вариабельность анатомии артерии правой доли печени не столь велика. Наблюдения с двойной или же с тройной артериальной реконструкцией встречаются сравнительно редко, по данным S.M. Kim et al. всего в 4,8%, тогда как при трансплантации левой доли печени или левого латерального сектора их частота достигает 26,3% [13, 14].

Множественные артерии, как правило, имеют более мелкий калибр, а значит и формирование анастомоза сопряжено с более выраженными трудностями. В этой связи в основе некоторых классификаций лежит число требующих реконструкции артерий [15]. Широко цитируемые исследования N.A. Michels, J.R. Hiatt, описывающие соответственно 10 и 6 типов артериальной анатомии печени, безусловно, должны рассматриваться как базовые анатомические классификации, однако же они не имеют прямого отношения к трансплантации печени в целом и тем более ее отдельных фрагментов [16]. Помимо прочего присутствуют также не имеющие непосредственного отношения к ТПДП работы, значительно расширяющие понятие о вариабель-

ности артериальной анатомии печени, например ангиографические исследования П.В. Балахнина и соавт., выявивших 114 вариантов артериальной анатомии печени [17].

Классификация G. Varotti et al. предполагает выделение 8 типов артерий правой доли печени. В ее основу положены число артерий, их происхождение и деление ППА на ПсПА и ЗсПА [18]. В ряде исследований происходит обсуждение важности сохранения аS4 печени, иначе называемой срединной печеночной артерией. Несмотря на то что присутствует ряд указаний, что коллатеральное кровоснабжение часто перекрывает бассейн аS4 печени, авторы подчеркивают высокие риски утраты 4-го сегмента печени как при трансплантации правой, так и левой долей печени при перевязке этого сосуда [19–21].

В представленной классификации выделение подтипов строения аS4 печени основано на принципе определения ее истока, что имеет важное значение для выбора места пересечения донорской ППА. Так, при подтипе 3 возможно пересечение донорской ППА на уровне ее деления на секторальные ветви с сохранением общего устья, что позволяет в последующем сформировать один артериальный анастомоз. В подтипах 4 и 5 необходима реконструкция двух артерий трансплантата, так как пересечение ППА осуществляется на уровне ее задне- и переднесекторальных ветвей. В подтипе 6 кровоснабжение аS4 осуществляется как из бассейна ЛПА, так и ППА, в связи с чем пересечение аS4 справа не приведет к ишемии S4 печени, и такой вариант анатомии является приемлемым для донорства. Подтип 7 включает в себя ситуации, когда целый сектор или же сегмент правой доли печени имеет источник кровоснабжения, исходящий из артерии к S4 печени. Донорство при таком варианте кровоснабжения невозможно в связи с риском утраты фрагмента трансплантата. Таким образом, сохранение аS4 печени является одним из ключевых элементов донорской безопасности, что и предопределило выделение соответствующих анатомических вариантов.

Предложенные типы деления ПА сопряжены с определенными техническими нюансами выполнения трансплантации печени. Так, например, при типе В расположение артерии позади ВВ требует более тщательного выделения сосуда в гепатодуоденальной связке, что необходимо запланировать на дооперационном этапе, но при этом позволяет получить ПА трансплантата большей, чем обычно, длины. Тип С — заме-

щающая ППА, исходящая из любого бассейна при отсутствии СПА (ВБА, аорты и ЧС и др.). Тип D – наличие дополнительной ПА, исходящей из любого бассейна при отсутствии СПА (ВБА, аорты и ЧС и др.). Тип E – донорство возможно только с получением двух ПА, диаметр которых, как правило, равнозначен. Фенестрация артерии (тип H) представляет собой вариант, где основной ствол артерии разделяется на два полноценных сосуда и далее сливается дистально в один [22]. Упоминаний о фенестрации ПА в имеющихся литературных источниках нами выявлено не было. Пересечение ППА при данном типе должно осуществляться на уровне вновь формирующегося единого ствола ППА после объединения ее ветвей, окружающих общий желчный проток (ОЖП), в результате чего возникает необходимость формирования только одного артериального анастомоза и гарантированно сохраняется кровоснабжение ОЖП. При типе I ППА пересекается сразу после отхождения артерии к S4 печени, а при типе J донорство возможно с получением 2 секторальных артерий трансплантата. Тип K – кровоснабжение ПДП из трех недублирующих друг друга сосудов. Донорство невозможно по причине сложной артериальной реконструкции неоправданно высокого риска развития тромбоза.

В практическом смысле представленная классификация применяется следующим образом: вначале указывается анатомический тип артерии, а затем сочетающийся с ней подтип анатомии aS4. Например: тип A (бифуркация СПА на ППА и ЛПА), подтип 2 (aS4 отходит от ЛПА) записывается как анатомия печеночной артерии – A2.

Выделение типов и подтипов артериальной анатомии чрезвычайно важно по целому ряду причин. Как указано выше, сохранение артерии к S4 печени исключает риски, недопустимые для донора, а полноценное понимание артериального кровотока трансплантата позволяет адекватно

планировать операцию. Наличие двух артерий, требующих реконструкции, во-первых, является фактором риска тромбоза, а во-вторых, предполагает поиск второй артерии реципиента для реконструкции, которая не всегда своими характеристиками удовлетворяет хирурга [23]. Разница в диаметрах артерий также является фактором риска тромбоза, а длинная культя создает предпосылки для развития ретроградных тромбов.

Заключение

Накопление опыта трансплантации правой доли печени от живого родственного донора диктует развитие имеющихся и внедрение новых классификаций печеночных артерий правой доли печени. Были выделены 7 подтипов печеночной артерии в зависимости от анатомии артерии S4 печени и 11 типов кровоснабжения правой доли печени, имеющие значение при ее трансплантации. Артериальная анатомия правой доли печени является глубоко вариабельной и сложной для систематизации темой и требует дальнейшего изучения применительно к трансплантации правой доли печени.

Выводы

1. Сформулированы требования к созданию оптимальной классификации артериального кровоснабжения правой доли печени, на основании которых предложено выделять 11 типов артериального кровоснабжения правой доли печени и 7 подтипов анатомии артерии 4-го сегмента печени.
2. Предложена адаптированная непосредственно к трансплантации правой доли печени классификация ее артериальной анатомии.
3. Классификация успешно применена на опыте выполнения 306 трансплантаций печени от родственного донора.

Список литературы/References

1. Lee S, Kim KM, Lee SJ, Lee KH, Lee DY, Kim MD, et al. Hepatic arterial damage after transarterial chemoembolization for the treatment of hepatocellular carcinoma: comparison of drug-eluting bead and conventional chemoembolization in a retrospective controlled study. *Acta Radiol.* 2017;58(2):131–139. PMID: 27217418 <https://doi.org/10.1177/0284185116648501>
2. Yilmaz S, Kutluturk K, Usta S, Akbulut S. Techniques of hepatic arterial reconstruction in liver transplantation. *Langenbecks Arch Surg.* 2022;407(7):2607–2618. PMID: 36018429 <https://doi.org/10.1007/s00423-022-02659-6>
3. Stange BJ, Glanemann M, Nuessler NC, Settmacher U, Steinmüller T, Neuhaus P. Hepatic artery thrombosis after adult liver transplantation. *Liver Transpl.* 2003;9(6):612–620. PMID: 12783404 <https://doi.org/10.1053/jlts.2003.50098>
4. Park GC, Moon DB, Kang SH, Ahn CS,

- Hwang S, Kim KH, et al. Overcoming hepatic artery thrombosis after living donor liver transplantations: an experience from Asan medical center. *Ann Transplant.* 2019;24:588–593. PMID: 31672958 <https://doi.org/10.12659/AOT.919650>
5. Song S, Kwon CH, Moon HH, Lee S, Kim JM, Joh JW, et al. Single-center experience of consecutive 522 cases of hepatic artery anastomosis in living-donor liver transplantation. *Transplant Proc.* 2015;47(6):1905–1911. PMID: 26293071 <https://doi.org/10.1016/j.transproceed.2015.06.014>
6. Ahn CS, Hwang S, Moon DB, Song GW, Ha TY, Park GC, et al. Right gastroepiploic artery is the first alternative inflow source for hepatic arterial reconstruction in living donor liver transplantation. *Transplant Proc.* 2012;44(2):451–453. PMID: 22410041 <https://doi.org/10.1016/j.transproceed.2012.01.057>
7. Bekker J, Ploem S, de Jong KP. Early hepatic artery thrombosis after liver transplantation: a systematic review of the incidence, outcome and risk factors. *Am J Transplant.* 2009;9(4):746–757. PMID: 19298450. <https://doi.org/10.1111/j.1600-6143.2008.02541.x>
8. Vrochides D, Hassanain M, Metrakos P, Barkun J, Paraskevas S, Chaudhury P, et al. Re-vascularization may not increase graft survival after hepatic artery thrombosis in liver transplant recipients. *Hippokratia.* 2010;14(2):115–118. PMID: 20596267; <https://doi.org/10.1016/j.transproceed.2010.07.014>
9. Tanaka K, Uemoto S, Tokunaga Y, Fujita S, Sano K, Nishizawa T, et al. Surgical techniques and innovations in living related liver transplantation. *Ann Surg.* 1993;217(1):82–91. PMID: 8424706 <https://doi.org/10.1097/00000658-199301000-00014>
10. Восканян С.Э., Колышев И.Ю., Башков А.Н., Артемьев А.И., Рудаков В.С., Шабалин М.В. и др. Эфферентное кровоснабжение правой доли печени в аспекте ее трансплантации от живого донора: вариантная анатомия, классификация. Часть 1. *Анналы хирургической гепатологии.* 2023;28(1):10–24. Voskanyan SE, Kolyshev IYu, Bashkov AN, Artemiev AI, Rudakov VS, Shabalin MV, et al. Efferent blood supply to the right hepatic lobe regarding its transplantation from a living donor: variant anatomy, classification. Part 1. *Annaly khirurgicheskoy gepatologii = Annals of HPB Surgery.* 2023;28(1):10–24. (In Russ.). <https://doi.org/10.16931/1995-5464.2023-1-10-24>
11. Колышев И.Ю., Восканян С.Э., Башков А.Н., Артемьев А.И., Рудаков В.С., Шабалин М.В. и др. Эфферентное кровоснабжение правой доли печени в аспекте ее трансплантации от живого донора: особенности реконструкции. Часть 2. *Анналы хирургической гепатологии.* 2023;28(2):59–69. Voskanyan SE, Kolyshev IYu, Bashkov AN, Artemiev AI, Rudakov VS, Shabalin MV, et al. Efferent blood supply to the right hepatic lobe regarding its transplantation from a living donor: reconstruction features. Part 2. *Annaly khirurgicheskoy gepatologii = Annals of HPB Surgery.* 2023;28(2):59–69. (In Russ.). <https://doi.org/10.16931/1995-5464.2023-2-59-69>
12. Michels NA. Newer anatomy of the liver and its variant blood supply and collateral circulation. *Am J Surg.* 1966;112(3):337–347. PMID: 5917302 [https://doi.org/10.1016/0002-9610\(66\)90201-7](https://doi.org/10.1016/0002-9610(66)90201-7)
13. Kim SM, Moon DB, Ahn CS, Park GC, Kang WH, Yoon YI, et al. Reconstruction of all hepatic arteries in right lobe grafts with two hepatic arteries and zero percent hepatic artery thrombosis. *Liver Transpl.* 2024 Feb 2. PMID: 38300692 <https://doi.org/10.1097/LVT.0000000000000339>
14. Nakamura T, Nobori S, Harada S, Sugimoto R, Yoshikawa M, Ushigome H, et al. Single vs multiple arterial reconstructions in living donor liver transplant. *Transplant Proc.* 2022;54(2):399–402. PMID: 35033369 <https://doi.org/10.1016/j.transproceed.2021.08.069>
15. Kishi Y, Sugawara Y, Kaneko J, Akamatsu N, Imamura H, Asato H, et al. Hepatic arterial anatomy for right liver procurement from living donors. *Liver Transpl.* 2004;10(1):129–133. PMID: 14755789 <https://doi.org/10.1002/lt.20010>
16. Hiatt JR, Gabbay J, Busuttil RW. Surgical anatomy of the hepatic arteries in 1000 cases. *Ann Surg.* 1994;220(1):50–52. PMID: 8024358 <https://doi.org/10.1097/00000658-199407000-00008>
17. Балахнин П.В., Таразов П.Г. Классификация вариантов артериального кровоснабжения печени для рентгенэндоваскулярных вмешательств: анализ результатов 3756 ангиографий. *Анналы хирургической гепатологии.* 2014;(2):24–41. Balakhnin P, Tarazov P. Anatomical classification of arterial blood supply to the liver for radio-endovascular procedures: analysis of 3756 hepatic angiographies. *Annaly khirurgicheskoy gepatologii = Annals of HPB Surgery.* 2014;(2):24–41. (In Russ).
18. Varotti G, Gondolesi GE, Goldman J, Wayne M, Florman SS, Schwartz ME, et al. Anatomic variations in right liver living donors. *J Am Coll Surg.* 2004;198(4):577–582. PMID: 15051012 <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2003.11.014>
19. Wang S, He X, Li Z, Peng Z, Tam NL, Sun C, et al. Characterization of the middle hepatic artery and its relevance to living donor liver transplantation. *Liver Transpl.* 2010;16(6):736–741. PMID: 20517907 <https://doi.org/10.1002/lt.22082>
20. Suehiro T, Ninomiya M, Shiotani S, Hiroshige S, Harada N, Ryosuke M, et al. Hepatic artery reconstruction and biliary stricture formation after living donor adult liver transplantation using the left lobe. *Liver Transpl.* 2002;8(5):495–499. PMID: 12004352 <https://doi.org/10.1053/jlts.2002.32986>
21. Jin GY, Yu HC, Lim HS, Moon JI, Lee JH, Chung JW, et al. Anatomical variations of the origin of the segment 4 hepatic artery and their clinical implications. *Liver Transpl.* 2008;14(8):1180–1184. PMID: 18668651 <https://doi.org/10.1002/lt.21494>
22. Cooke DL, Stout CE, Kim WT, Kanasagra AP, Yu JP, Gu A, et al. Cerebral arterial fenestrations. *Interv Neuroradiol.* 2014;20(3):261–274. PMID: 24976087 <https://doi.org/10.15274/INR-2014-10027>
23. Puri Y, Palaniappan K, Rammohan A, Narasimhan G, Rajalingam R, Cherukuru R, et al. Anatomical basis for selective multiple arterial reconstructions in living donor liver transplantation. *Langenbecks Arch Surg.* 2021;406(6):1943–1949. PMID: 33877447 <https://doi.org/10.1007/s00423-021-02176-y>

Информация об авторах

**Сергей Эдуардович
Восканян**

чл.-корр. РАН, проф., д-р мед. наук, заместитель главного врача по хирургической помощи, руководитель центра хирургии и трансплантологии ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России; заведующий кафедрой хирургии с курсами онкохирургии, эндоскопии, хирургической патологии, клинической трансплантологии и органного донорства ИППО ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, <http://orcid.org/0000-0001-5691-5398>, voskanyan_se@mail.ru
25% – редакция текста статьи, сбор статистической информации и ее анализ, написание текста рукописи

**Илья Юрьевич
Кольшев**

канд. мед. наук, заведующий хирургическим отделением № 1 Центра новых хирургических технологий ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, <http://orcid.org/0000-0002-6254-130X>, diffdiagnoz@mail.ru
25% – обзор публикаций по теме статьи, сбор статистической информации и ее анализ, написание текста рукописи

**Андрей Николаевич
Башков**

канд. мед. наук, руководитель Центра лучевой диагностики – заведующий отделением лучевой и радиоизотопной диагностики ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, <http://orcid.org/0000-0002-4560-6415>, abashkov@yandex.ru
10% – подготовка иллюстративного материала

**Алексей Игоревич
Артемьев**

канд. мед. наук, заведующий хирургическим отделением № 2 ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, <http://orcid.org/0000-0002-1784-5945>, coma2000@yandex.ru
10% – редакция текста статьи, подготовка иллюстративного материала

**Владимир Сергеевич
Рудаков**

канд. мед. наук, врач хирург хирургического отделения по координации донорства органов и (или) тканей человека, врач хирург хирургического отделения № 2 ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, <http://orcid.org/0000-0002-3171-6621>, rudakov_vc@list.ru
7% – разработка дизайна исследования, сбор статистической информации

**Максим Вячеславович
Шабалин**

канд. мед. наук, врач хирург Центра хирургии и трансплантологии ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, <http://orcid.org/0000-0002-4527-0448>, shabalin.max.v@mail.ru
6% – разработка дизайна исследования, обзор публикаций по теме статьи, сбор статистической информации и ее анализ, написание текста рукописи

**Максим Васильевич
Попов**

канд. мед. наук, старший научный сотрудник лаборатории новых хирургических технологий, врач хирург отделения рентгеноваскулярных методов диагностики и лечения ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, <http://orcid.org/0000-0002-6558-7143>, maximmsk@mail.ru
5% – редакция текста статьи, сбор статистической информации и ее анализ, написание текста рукописи

**Александр Игоревич
Сушков**

канд. мед. наук, заведующий лабораторией новых хирургических технологий ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, <http://orcid.org/0000-0002-1561-6268>, sushkov.transpl@gmail.com
5% – редакция текста статьи, сбор статистической информации и ее анализ, написание текста рукописи

**Георгий Владимирович
Вохмянин**

врач хирург Центра хирургии и трансплантологии ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, <http://orcid.org/0000-0001-8853-5699>, georg0421@yandex.ru
7% – редакция текста статьи, сбор статистической информации и ее анализ, написание текста рукописи

Information about the authors

Sergey E. Voskanyan	Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Deputy Chief Physician for Surgical Care, Head of Surgery and Transplantation Center, State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency; Head of the Department of Surgery with Courses of Oncology, Endoscopy, Surgical Pathology, Clinical Transplantology and Organ Donation of the Institute of Postgraduate Professional Education, State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, http://orcid.org/0000-0001-5691-5398 , voskanyan_se@mail.ru 25%, editing the text of the article, collection of statistical information and its analysis, writing the text of the manuscript
Ilya Yu. Kolyshev	Cand. Sci. (Med.), Head of the Surgical Department № 1, Center for Surgery and Transplantology, State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, http://orcid.org/0000-0002-6254-130X , diffdiagnoz@mail.ru 25%, review of publications on the topic of the article, collection of statistical information and its analysis, writing the text of the manuscript
Andrey N. Bashkov	Head of the Center for Radiology – Head of the Department of Radiology, Radioisotope and Computer Diagnostics, State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, https://orcid.org/0000-0002-4560-6415 , abashkov@yandex.ru 10%, preparation of illustrative material
Alexey I. Artemyev	Cand. Sci. (Med.), Head of the Surgical Department № 2, State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, http://orcid.org/0000-0002-1784-5945 , coma2000@yandex.ru 10%, editing the text of the article, preparation of illustrative material
Vladimir S. Rudakov	Cand. Sci. (Med.), Surgeon, Surgical Department for the Coordination of Donation of Organs and (or) Human Tissues, Surgeon, Surgical Department No. 2, State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, http://orcid.org/0000-0002-3171-6621 , rudakov_vc@list.ru 7%, development of the study design, collection of statistical information
Maksim V. Shabalin	Cand. Sci. (Med.), Surgeon, Surgical Department, Center for Surgery and Transplantology, State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, http://orcid.org/0000-0002-4527-0448 , shabalin.max.v@mail.ru 6%, development of the study design, review of publications on the topic of the article, collection of statistical information and its analysis, writing the manuscript
Maksim V. Popov	Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Laboratory of New Surgical Technologies; Surgeon in the Department of X-ray Vascular Methods of Diagnostics and Treatment, State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, http://orcid.org/0000-0002-6558-7143 , maximmsk@mail.ru 5%, editing the text of the article, collection of statistical information and its analysis, writing the text of the manuscript
Aleksander I. Sushkov	Cand. Sci. (Med.), Head of New Surgical Technologies Laboratory, State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, http://orcid.org/0000-0002-1561-6268 , sushkov.transpl@gmail.com 5%, editing the text of the article, collection of statistical information and its analysis, writing the text of the manuscript
Georgiy V. Vokhmyanin	Surgeon, Surgical Department, Center for Surgery and Transplantology, State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, http://orcid.org/0000-0001-8853-5699 , georg0421@yandex.ru 7%, editing the text of the article, collection of statistical information and its analysis, writing the text of the manuscript

Статья поступила в редакцию 30.05.2024;
одобрена после рецензирования 28.06.2024;
принята к публикации 18.09.2024

The article was received on May 30, 2024;
approved after reviewing on June 28, 2024;
accepted for publication on September 18, 2024