

ОГЛАВЛЕНИЕ

Участники издания	9
Предисловие к изданию на русском языке.....	10
Предисловия к третьему изданию на английском языке.....	11
Список сокращений	13

ГЛАВА 1	КРОВООБРАЩЕНИЕ ПЛОДА И ЭМБРИОЛОГИЯ СОСУДОВ	14
----------------	---	-----------

Развитие системного артериального кровообращения	15
Развитие системного венозного кровообращения	16
Развитие портального венозного кровообращения.....	17

ГЛАВА 2	АРТЕРИИ ГОЛОВЫ И ШЕИ	29
----------------	-----------------------------	-----------

Общая сонная артерия	29
Наружная сонная артерия	29
Внутренняя сонная артерия	34
Позвоночная артерия	44
Базиллярная артерия	47
Коллатеральное кровообращение	48
Виллизиев круг	49
Эмбриональные соединения	49

ГЛАВА 3	ВЕНЫ ГОЛОВЫ И ШЕИ	102
----------------	--------------------------	------------

Наружные вены головы и лица	102
Вены шеи	103
Черепные и внутричерепные вены и венозные синусы твердой мозговой оболочки.....	105

ГЛАВА 4	ЛИМФАТИЧЕСКИЕ СОСУДЫ И УЗЛЫ ГОЛОВЫ И ШЕИ	141
----------------	---	------------

Глубокие шейные лимфатические узлы.....	141
Отток лимфы от глубоких тканей шеи	142

ГЛАВА 5	АРТЕРИИ СПИННОГО МОЗГА И ПОЗВОНОЧНИКА	147
----------------	--	------------

ГЛАВА 6	ВЕНЫ СПИННОГО МОЗГА И ПОЗВОНОЧНИКА	166
----------------	---	------------

Вены позвоночника	166
Вены спинного мозга	167

ГЛАВА 7	ГРУДНАЯ АОРТА И АРТЕРИИ ТУЛОВИЩА	183
----------------	---	------------

Грудная аорта	183
Сегменты грудной аорты	184

ГЛАВА 8 ВЕНЫ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ 254

Плечеголовые вены	254
Внутренние грудные вены (маммарные)	254
Нижние щитовидные вены	254
Верхняя полая вена	254
Околосердечно-диафрагмальная вена	254
Вилочковые вены	255
Левая верхняя межреберная вена	255
Непарная вена	255
Полунепарная вена	255
Добавочная полунепарная вена	255
Задние межреберные вены	255
Пищеводные вены	255
Вены позвоночного столба	255
Наружные венозные сплетения	255

ГЛАВА 9 ЛИМФАТИЧЕСКИЕ СОСУДЫ И УЗЛЫ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ 281

Отток лимфы от грудной клетки	281
-------------------------------------	-----

ГЛАВА 10 ЛЕГОЧНОЕ АРТЕРИАЛЬНОЕ КРОВООБРАЩЕНИЕ 294

Легочный ствол	294
Правая легочная артерия	294
Левая легочная артерия	295
Семиотика легочных артерий при компьютерной томографии	296
Легочная микроциркуляция	296
Варианты легочной артерии	297

ГЛАВА 11 ЛЕГОЧНОЕ ВЕНОЗНОЕ КРОВООБРАЩЕНИЕ 336

Легочные вены	336
Аномальный дренаж легочных вен	336

ГЛАВА 12 ЛИМФАТИЧЕСКИЕ СОСУДЫ И УЗЛЫ ГРУДНОЙ ПОЛОСТИ 360

Лимфатические узлы легких и плевры	360
Грудной проток и правый лимфатический проток	360
Лимфатические узлы средостения	361

ГЛАВА 13 СЕРДЦЕ И КОРОНАРНЫЕ АРТЕРИИ 371

Камеры сердца	371
Коронарные артерии	376

ГЛАВА 14 ВЕНЫ СЕРДЦА 467

ГЛАВА 15	АРТЕРИИ ВЕРХНЕЙ КОНЕЧНОСТИ	482
	Подключичная артерия	482
	Подмышечная артерия	483
	Плечевая артерия	484
	Артерии кисти	485
ГЛАВА 16	ВЕНЫ ВЕРХНЕЙ КОНЕЧНОСТИ	536
	Поверхностные вены верхней конечности	536
	Глубокие вены верхней конечности	536
ГЛАВА 17	ЛИМФАТИЧЕСКИЕ СОСУДЫ И УЗЛЫ ВЕРХНЕЙ КОНЕЧНОСТИ	557
	Лимфатический отток от поверхностных тканей	557
	Лимфатический отток от глубоких тканей	557
	Подмышечные лимфатические узлы	557
ГЛАВА 18	БРЮШНАЯ АОРТА И ВЕТВИ	565
	Брюшная аорта	565
	Вентральные ветви	565
	Боковые ветви брюшной аорты	577
	Дорсальные ветви аорты	581
	Терминальные ветви	582
ГЛАВА 19	АРТЕРИИ ТАЗА	759
	Общие подвздошные артерии	759
	Внутренние подвздошные артерии	759
	Наружные подвздошные артерии	763
	Коллатеральные пути	764
ГЛАВА 20	ВЕНЫ БРЮШНОЙ ПОЛОСТИ И ТАЗА	833
	Вены таза	833
	Ветви	833
	Вены брюшной полости	835
	Печеночные вены и портальная венозная система	837
ГЛАВА 21	ЛИМФАТИЧЕСКИЕ СОСУДЫ И УЗЛЫ БРЮШНОЙ ПОЛОСТИ И ТАЗА	946
	Поясничные лимфатические узлы	946
ГЛАВА 22	АРТЕРИИ НИЖНЕЙ КОНЕЧНОСТИ	964
	Общая бедренная артерия	964
	Подколенная артерия	965
	Передняя большеберцовая артерия	966
	Артерии стопы	967
	Задняя большеберцовая артерия	967
	Артерии стопы	968

ГЛАВА 23 ВЕНЫ НИЖНЕЙ КОНЕЧНОСТИ 1038

Поверхностные вены нижней конечности 1038

Глубокие вены нижней конечности 1039

ГЛАВА 24 ЛИМФАТИЧЕСКИЕ СОСУДЫ
И УЗЛЫ НИЖНЕЙ КОНЕЧНОСТИ 1059

Отток лимфы от поверхностных тканей 1059

Отток лимфы от глубоких тканей 1059

Подколенные лимфатические узлы 1059

Глубокие паховые лимфатические узлы 1059

Поверхностные паховые лимфатические узлы 1060

Рекомендуемые источники 1070

Предметный указатель 1080

ПРЕДИСЛОВИЕ К ИЗДАНИЮ НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ

Дорогой читатель!

Вы взяли в руки уникальную по множеству признаков книгу. Во-первых (и не удивляйтесь тому, что мы начнем с такого необычного признака уникальности), вы никогда не сможете ее прочитать не только как художественное произведение — от первой и до последней страницы, но даже как медицинскую монографию, пропуская какие-то, не самые важные, на ваш взгляд, части. Что же тут удивительного, скажете вы, ведь это — атлас, а атласы не читают, их смотрят. Верно, но даже просмотреть данный атлас — не просто непростая задача, а задача, которая и не стоит перед тем врачом, который откроет атлас Уфлакера. Дело в том, что здесь представлена вся сосудистая система: всех органов, частей тела — от самых маленьких венозных и артериальных ветвей до камер сердца. Пожалуй, только анатом может стать таким читателем атласа, который освоит его весь — от корки до корки. Если же речь идет о клиницистах, то такой специальности, в которой бы требовалось доскональное знание абсолютно всей венозной системы, нет.

Во-вторых, и это другая сторона всеобъемлющего масштаба атласа Уфлакера, он не просто пригодится, он нужен буквально каждому клиницисту,

поскольку каждый найдет здесь важную и детальную информацию, относящуюся к своему разделу медицины. Кем бы вы ни были, дорогой читатель — кардиологом, нефрологом, неврологом, анестезиологом-реаниматологом и т.д., а уж тем более хирургом любой специализации — вам не обойтись без знания анатомии важного в вашей специальности органа/органов, в особенности их сосудистого строения.

В-третьих, в основу атласа положены изображения, полученные наиболее точным методом прижизненного исследования сосудистой системы, а именно с помощью различных вариантов ангиографии.

В-четвертых, ангиографические изображения тщательно сопоставлены с великолепными рисованными иллюстрациями. Список достоинств атласа можно продолжить и далее, но мы остановимся на наиболее важных из них. Уверен, что, став обладателем этого издания, вы приобрели себе надежного помощника в своей повседневной клинической практике, который не один раз поможет вам разрешить затруднительную ситуацию и выбрать верную тактику ведения пациента.

*Игорь Анатольевич Золотухин,
доктор медицинских наук, профессор РАН*

ПРЕДИСЛОВИЯ К ТРЕТЬЕМУ ИЗДАНИЮ НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ

Мы рады представить третье обновленное издание *Атласа сосудистой анатомии Уфлакера*. Эта трудоемкая работа берет свое начало в стопках машинописных страниц, нарезанной фотопленки и оригинальных анатомических иллюстраций Хосе Фальчетти, на которые мой отец, Ренан Уфлакер, старательно наклеивал стикеры с названием и описаниями, используя разрезанные кусочки бумаги, скотч и клей. Мы всегда будем благодарны за этот титанический труд, и нам повезло, что технологии продолжают развиваться и мы можем дополнять эту великолепную работу.

Современные объемные 3D-реконструкции потрясли бы Ренана и Хосе своим совершенством и полнотой изображения, ведь они могли бы позволить распечатать самые точные и высококачественные материалы. Мы надеемся, что представленные здесь современные объемные 3D-реконструкции станут полезным дополнением к пониманию и преподаванию сосудистой анатомии, а также помогут пробудить любовь к ней у будущих поколений студентов, клиницистов, исследователей и ученых. Создать эти изображения было бы невозможно без помощи моих коллег из Университета Вирджинии, потративших время на то, чтобы посвятить меня в тонкости необходимого для этого программного обеспечения, а также без приверженности этого учебного заведения принципам академической науки, что дало мне нужное время и ресурсы.

По мере развития нашего понимания анатомии и накопления технических знаний их клиническое применение становится возможным иногда в самых неожиданных областях. Одним из лучших примеров этого служит эмболизация артерий предстательной железы, появление которой вновь пробудило интерес к сосудистой анатомии малого таза. Мы представили обновленные данные об анатомии тазовых артерий и новое понимание невероятной сложности этой территории, где изменчивость действительно является законом.

Развитие технологий визуализации теперь позволяет увидеть и изучить множество вариантов анатомии, не пользуясь традиционными возмож-

ностями, которые предоставляет секционный зал или операционная. Объемные 3D-реконструкции были добавлены в несколько глав, но особенно важны они в главах по нервно-сосудистой и сердечной анатомии. Мы надеемся, что эти изображения позволят читателю лучше понять часто сложную анатомию систем благодаря визуализации, похожей на виртуальное вскрытие тела.

Это предисловие не было бы полным без признания заслуги двух человек, которые сделали возможным это издание: Ренана Уфлакера и Хосе Фальчетти. Смерть Ренана в 2011 г. оставила нас один на один с неизведанным, и лишь его любовь к медицине и анатомии направляла нас на пути, завершившемся созданием этого труда.

Хосе был потрясающим художником и медицинским иллюстратором, создавшим цветные изображения для первого издания *«Атласа...»*, которые мы сохранили как неотъемлемую часть этой работы. Я обратился к Хосе с предложением создать новые иллюстрации для этого издания в 2017 г. и обнаружил, что он искренне рад видеть этот проект готовым для повторной печати. К сожалению, Хосе умер от лейкемии в мае 2018 г., прежде чем мы смогли завершить нашу работу. Его оригинальные иллюстрации обеспечивают идеальный стандарт иллюстративного материала, представленного в этой книге. Таким образом, его художественный гений продолжает жить, руководя каждым решением, которое мы приняли в отношении иллюстраций в этой книге.

Мы хотели бы поблагодарить сотрудников Lippincott Williams & Wilkins за их терпение и внимание к деталям при подготовке этой работы. Мы также хотели бы поблагодарить вас, наших читателей, независимо от того, являетесь вы студентом, практикантом, опытным клиницистом, исследователем или художником. Наконец, мы хотели бы поблагодарить наших пациентов, для которых в конечном итоге была создана эта книга и без которых ее создание было бы невозможно.

Д-р Андре Уфлакер

Ренан Уфлакер прямо или косвенно обучил сотни специалистов по сосудистым вмешательствам по всему миру. «Атлас сосудистой анатомии Уфлакера» — одна из важных частей наследства, оставленного будущим поколениям интервенционистов после его ухода в 2011 г. Рассматривая Ренана как наставника-отца, которому всегда буду благодарен, я почувствовал желание продолжить его работу по сосудистой анатомии. Считаю, что одна из наших жизненных задач — искренне выражать благодарность учителям, поэтому естественным решением для меня было приглашение его сына,

Андре Уфлакера, для работы над решением этой скромной задачи.

Важно понимать, что Андре — не просто соавтор, он внес основной вклад в полноту и качество третьего издания. Андре также талантливый художник, и часть иллюстраций в этом издании была создана им.

Этот проект стал возможен только благодаря самоотверженности и кропотливой работе Андре и невероятной поддержке персонала издательства LWW. Я благодарен всем за то, что мы смогли продолжить проект Ренана по сосудистой анатомии и сохранить его интеллектуальный и научный дух.

Д-р Марсело Гимареш

Благодарность участникам предыдущих изданий

Авторы хотели бы отметить вклад коллег, которые работали над первым и вторым изданиями этого атласа. Они установили стандарты, по которым мы оценивали качество нашего материала. Для нас было честью продолжить их работу, и мы будем всегда им признательны.

Карлос Джейдер Фельдман (Carlos Jader Feldman, MD)

Chief, Department of Radiology
Hospital Hernesto Dornelles
Porto Alegre, RS, Brazil.

- Vascular Anatomy of the Lower Genital Tract.

Рони Л. Писке (Ronie L. Piske, MD)

Interventional Neuroradiologist
Med-Imagem Hospital
Beneficência

Poruguesa, São Paulo, SP, Brazil.

- Arteries of the Head and Neck.
- Veins of the Head and Neck.

Франсиско Дж. Б. Сампайо (Francisco J.B. Sampaio, MD, PhD)

Professor of Anatomy and Urology
Head, Department of Anatomy

State University of Rio de Janeiro
Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

- Kidney Arterial Vascularization.
- Kidney Venous Drainage.
- Lymphatic Drainage of the Kidney.
- Periprostatic Venous Plexus.

Дж. Бейн Селби (J. Bayne Selby, MD)

Professor of Radiology
Medical University of South Carolina
Charleston, SC

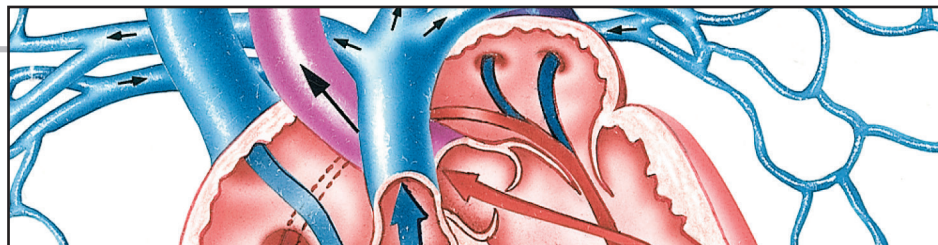
- The Heart and Coronary Arteries
- The Heart Venous Circulation
- Pulmonary Arterial Circulation
- Pulmonary Venous Circulation

Луи Мария Йорди (Luiz Maria Yordi, MD)

Chief, Department of Hemodynamic and Cardiovascular
Radiology

Hospital São Francisco
Porto Alegre, RS, Brazil.

- The Heart and Coronary Arteries.
- The Heart Venous Circulation.



Кровообращение плода и эмбриология сосудов

В начале внутриутробной жизни кровь плода попадает в плаценту по двум пупочным артериям и возвращается к плоду по двум пупочным венам. Позже правая пупочная вена исчезает, а левая вена сохраняется как единственный возвращающийся сосуд. Кровь плода получает кислород и питательные вещества при тесном контакте с материнской кровью в плаценте. Пупочная вена (персистирующая левая пупочная вена) входит в брюшную полость плода в области пупка и проходит вдоль края серповидной связки к висцеральной поверхности печени, где в области ворот печени она отдает небольшие ветви к левой доле печени, крупную ветвь к воротной вене и формирует венозный проток, который соединяется с нижней полой веной, транспортируя богатую кислородом кровь, поступающую из материнской плаценты. Воротная вена плода небольшая, ее правая и левая ветви функционируют как ветви венозного протока. Они переносят насыщенную кислородом кровь в печень. В нижней полой вене насыщенная кислородом кровь смешивается с небольшим количеством бедной кислородом крови из каудальной части плода и поступает в правое предсердие. Здесь кровь, направляемая заслонкой нижней полых вен (евстахиевым клапаном), через овальное отверстие в межпредсердной перегородке попадает в левое предсердие, где смешивается с небольшим количеством бедной кислородом крови из легочной вены. Из левого предсердия кровь поступает в левый желудочек, а затем в аорту. Небольшой сегмент насыщенной кислородом крови, вместо того чтобы пересекать овальное отверстие, присоединяется к кровотоку из верхней полых вен и, пройдя через правое предсердие, попадает в правый желудочек сердца. Приток из верхней полых вен и в меньшей степени из пупочной вены отводится в легочную артерию, тем самым кровоснабжая легкие. Большая часть этого кровотока шунтируется через артериальный проток непосредственно в нисходящую аорту, где она присоединяется к потоку крови, выбрасываемому из левого желудочка. Большая часть насыщенной кислородом крови из левого желудочка поступает в сердце и мозговое кровообращение, обеспечивая более высокое содержание кислорода в этих органах, а не в структурах, менее чувствительных к гипоксии в брюшной полости и конечностях. Кровь в нисходящей аорте беднее кислородом и частично распределяется по нижним конечностям и внутренним органам живота и таза, но большая ее часть возвращается в плаценту через пупочные артерии, начинающиеся из внутренних подвздошных артерий (рис. 1.1).

После рождения венозный проток быстро закрывается и при облитерации трансформируется в венозную связку, возникающую при заращении левой пупочной вены, соединяясь с круглой связкой печени (*ligamentum teres hepatis*). Круглая связка соединяет печень с пупком. При заращении пупочных артерий образуются латеральные пупочные связки (складки), в которых расположены нижние надчревные сосуды. После заращения венозного протока и пупочной вены печень кровоснабжается насыщенной кислородом кровью из брюшной аорты через

чевный ствол и принимает венозную кровь из воротной вены.

С первым вдохом резистивность легочных сосудов новорожденного заметно снижается, сброс крови из правого в левое предсердие прекращается, и овальное отверстие закрывается. У большинства людей это происходит в течение первого года жизни с формированием овальной ямки. Артериальный проток закрывается в результате сокращения гладких мышц его стенок с последующей пролиферацией интимы, а сам проток трансформируется в артериальную связку.

■ Развитие системного артериального кровообращения

Развитие артериальной системы в эмбриональном периоде — сложный процесс, подробное обсуждение которого выходит за рамки этой главы. Тем не менее мы считаем необходимым кратко описать основные этапы развития артериальной системы.

Артериальный ствол зародыша превращается в луковицу аорты, из которой восходят симметричные дуги аорты, затем поворачивающие дорсально (парные дорсальные аорты). В конечном счете развивается шесть парных аортальных дуг, хотя не все они присутствуют одновременно. Некоторые сегменты этих дуг впоследствии редуцируются и исчезают (рис. 1.2). Луковица аорты становится восходящей аортой, а правый и левый рога луковицы становятся плечеголовной артерией и проксимальной дугой аорты соответственно. Первая и вторая дуги аорты зародыша вносят незначительный вклад во взрослые структуры, в то время как третья дуга трансформируется в общие сонные артерии и проксимальные сегменты внутренних сонных артерий. Общие сонные артерии дают начало наружной сонной артерии, в то время как четвертая дуга аорты становится проксимальной порцией правой подключичной артерии, а слева — дистальной дугой аорты, между левой сонной артерией и левой подключичной артерией (левая седьмая межсегментарная артерия). Пятые дуги редуцируются полностью. Шестые аортальные дуги становятся правой и левой легочными артериями, а дистальная левая шестая дуга становится артериальным протоком. Дистальная правая шестая дуга редуцируется, а при задержанной редукции она может развиваться в правый открытый артериальный проток. При эмбриональном развитии аорты образуется семь пар шейных межсегментарных артерий, причем наиболее важной из них является седьмая, которая дает начало артериям верхней конечности и позвоночной артерии.

Остальными производными дуг аорты зародыша являются следующие.

- Дуга I — сегмент верхнечелюстных артерий.
- Дуга II — сегмент стреченных артерий.
- Дуга III — общие сонные артерии.
- Дуга IV — дуга аорты и сегмент правой подключичной артерии.
- Дуга V — не оставляет производных.
- Дуга VI — проксимальный сегмент левой легочной артерии, дистальный сегмент артериального протока (слева) и проксимальный сегмент правой легочной артерии (справа). Дистальная часть дуг обычно исчезает, а сохранившись, представляет собой открытый артериальный проток справа.

На ранних стадиях эмбрионального развития две дорсальные аорты начинают сливаться в брюшной полости, разворачиваясь к грудной клетке, где правая дорсальная аорта постепенно редуцируется, а левая дорсальная аорта сохраняется в качестве нисходящей грудной аорты. Несколько вариантов развития аорты представлены на рис. 1.3.

Развитие кровоснабжения головного и спинного мозга

Головной и спинной мозг кровоснабжается дорсальными межсегментарными артериями. Эмбрион размером 4 мм имеет парные сетевидные продольные нервные артерии, которые анастомозируют с примитивными сонными артериями через тройничные, ушные и проатлантные артерии и с дугами аорты через подъязычные артерии и примитивные C1 сегментарные артерии. Именно из этих ранних анастомозов образуются сонно-позвоночные анастомозы (рис. 1.4, а). У эмбриона размером 5–6 мм наблюдается регрессия ушной и подъязычной артерий (рис. 1.4, б). На этом этапе каудальный отдел примитивной внутренней сонной артерии начинает образовывать предшественника задней соединительной артерии. У эмбриона размером от 7 до 12 мм происходит слияние примитивных шейных сегментарных артерий в позвоночную артерию, которая сохраняет сетевидное соединение с базилярной артерией. В результате могут формироваться различные варианты начала нижней мозжечковой артерии. В дальнейшем у эмбриона сеть кровообращения в передних и задних отделах не пересекается. Сохранение одного или нескольких из упомянутых сонно-позвоночных анастомозов может привести к формированию вариантов, изображенных на рис. 1.5.

Развитие висцеральных артерий

На 4-й неделе развития парные дорсальные аорты сливаются каудально, образуя нисходящую аорту, отдающую боковые и вентральные сегментарные

артерии и дорсальные межсегментарные артерии. Дистальный отрезок нисходящей аорты превращается в срединную крестцовую артерию. Боковые сегментарные артерии снабжают диафрагму, почки, надпочечники и половые железы. Эти примитивные сосуды образуют диафрагмальную, почечную, надпочечную и гонадную артерии.

Вентральные сегментарные артерии образуют желточные, пупочные и хориальные артерии. Желточные артерии кровоснабжают желточный мешок и примитивный кишечник. Чревная артерия кровоснабжает переднюю кишку, верхняя брыжеечная артерия (ВБА) — среднюю кишку и нижняя брыжеечная артерия — нижнюю кишку. Сегментарность этих сосудов во время внутриутробного развития может стать причиной формирования таких анатомических вариантов, как чревно-брыжеечный ствол, и различных типов анастомозов между этими тремя основными стволами.

Развитие периферических артерий

Примерно 30 пар примитивных артерий последовательно отходят на сегментарных уровнях, проходящих между сомитами. В грудной области эти артерии становятся задними межреберными артериями. В области живота примитивные дорсальные артерии становятся первыми-четвертыми поясничными артериями. В области таза дорсальные артерии становятся крестцовыми артериями.

В нижней конечности (рис. 1.6, а) осевая артерия продолжается от внутренней подвздошной артерии, ветви пятой поясничной межсегментарной артерии. Пятая межсегментарная артерия соединяется с пупочными артериями, образуя общие подвздошные артерии. На 36-й день беременности седалищная артерия, отходящая от пупочной, становится основной ветвью, кровоснабжающей зачаток нижней конечности. К этому сроку наружная подвздошная и бедренные артерии уже образовались от общей подвздошной артерии и продолжают в общую и поверхностную бедренную артерии и проксимальный сегмент глубокой артерии бедра. Выше колена седалищная артерия соединяется с подколенной артерией и начинает инволюционировать, оставляя в качестве основной артерии, кровоснабжающей дистальный зачаток конечности, подколенную. Сегменты оставшейся седалищной артерии образуют часть подколенной, глубокой артерии бедра и малоберцовой артерии (рис. 1.6, б). Проксимальный сегмент седалищной артерии в малом тазу образует нижнюю ягодичную артерию.

Подколенная артерия образуется из глубоких и поверхностных подколенных артерий, которые образуются из седалищной и бедренной артерий соответственно. Дистальный сегмент глубокой подколенной артерии редуцируется, в то время как проксимальный ее сегмент и поверхностная под-

коленная артерия сливаются кзади от подколенной мышцы. Сохранение дистального сегмента глубокой подколенной артерии кпереди от подколенной мышцы может привести к развитию синдрома сдавления подколенной артерии. Дистальный сегмент седалищной артерии сохраняется как малоберцовая артерия, а также дает начало ветви, которая становится передней большеберцовой артерией. Некоторые авторы описывают подкожную артерию как ветвь бедренной артерии, проксимальный сегмент которой редуцируется, а дистальный анастомозирует с малоберцовой артерией и дает начало задней большеберцовой артерии. Заднюю большеберцовую артерию также считают продолжением подколенной артерии из развивающейся подвздошно-бедренной системы.

Артерии верхней конечности (рис. 1.7) происходят из седьмой шейной межсегментарной артерии, которая дает начало осевой артерии, кровоснабжающей зачаток верхней конечности. Осевая артерия становится плечевой артерией, а затем глубокой ладонной дугой. На 41-й день беременности артериальное кровоснабжение зачатка верхней конечности обеспечивается межкостной, срединной и развивающейся локтевой артериями. К 46-му дню межкостная артерия начинает редуцироваться, из плечевой артерии развивается лучевая, а срединная и локтевая артерии являются основными артериальными сосудами развивающейся кисти. Лучевая и локтевая артерии развиваются в качестве ветвей осевой артерии, чтобы кровоснабжать предплечье после инволюции межкостных и срединных артерий. У 12% населения срединная артерия сохраняется. Лучевая артерия может иметь более проксимальное отхождение от плечевой артерии, что наблюдается у 14,2% населения.

Развитие системного венозного кровообращения

К 4-й неделе развития у эмбриона начинается формирование множества парных венозных предшественников, которые, редуцируясь и развиваясь, формируют системное венозное кровообращение. Венозный синус является общей структурой, в которую дренируется кровь из этих предшественников, и его левый рог в конечном итоге образует коронарный синус, получающий кровь из левой передней кардинальной вены. Парные передние кардинальные вены развиваются в яремную, подключичную, плечеголовную и левую верхнюю межреберную вены, а также верхнюю полую вену (из правой передней кардинальной вены).

Правая и левая желточные вены образуют печеночные вены и печеночный сегмент нижней полой вены, а также воротную и брыжеечную вены. До редукации правой пупочной вены и сращения левой пу-

почной вены с желточными венами, соединяющимися в гепатокардиальный канал, парные пупочные вены дренируются непосредственно в правый и левый рог венозного синуса и анастомозируют с правой субкардинальной веной. Этот анастомоз образует сегмент нижней полой вены между печеночной и почечной венами. Правая и левая субкардинальные вены сливаются, образуя соседний сегмент нижней полой вены, в который впадают почечные, правые гонадные и правые надпочечниковые вены обеих сторон. Из анастомоза субкардинальных вен с крестцово-кардинальными, из которых образуются подвздошные вены, образуется инфраренальный отдел нижней полой вены. По мере редукции задние кардинальные вены заменяются надкардинальными венами, затем образующими непарную, полунепарную, добавочную полунепарную, правые верхние межреберные и межреберные вены (рис. 1.8).

■ Развитие портального венозного кровообращения

К концу 3-й недели беременности эмбрион имеет две внеэмбриональные венозные системы (парные желточные вены и парные пупочные вены) и одну внутриэмбриональную систему (кардинальные вены), образующие венозный синус как общее слияние всех трех систем (рис. 1.9, а). На этой стадии пупочные вены соединяются и доставляют насыщенную кислородом кровь из плаценты через зачаток печени посредством ветвей, дренирующихся непосредственно в развивающуюся печень и венозный синус через вены, проходящие вдоль печени с обеих сторон. К концу 4-й недели беременности в желточных и пупочных венах происходят серьезные изменения.

Образовавшиеся четыре желточных анастомоза между левой и правой желточными венами и сегменты желточных вен с двух сторон, проходящие через печень плода, трансформируются в сплетение мелких сосудов, соединяющихся с печеночными синусоидами. Правая пупочная вена редуцируется почти полностью, при этом только сегмент, дренирующийся в левую пупочную вену, сохраняется в передней брюшной стенке. Конечная ветвь левой пупочной вены, анастомозирующая с венозным синусом, редуцируется, а печеночная ветвь левой пупочной вены увеличивается и соединяется с межжелточными анастомозами в печени плода. В этот момент вся насыщенная кислородом кровь, возвращающаяся из плаценты, проходит через печень, пока вскоре не образуется венозный проток.

В течение 5-й недели воротная вена прорастает из желточной системы, венозный проток формируется, и сохраняющийся подпеченочный межжелточный анастомоз создает воротный синус, соединяющий пупочную вену с вновь образованной воротной веной. Ствол воротной вены впадает в правый угол подпеченочного межжелточного анастомоза. За этим следует появление двух больших внутрипеченочных сосудов, с левой стороны известный как угловая ветвь. Затем ветви отходят от ствола воротной вены и притоков воротного синуса, в конечном итоге сообщаясь с синусоидальной сетью. Ветви воротной вены в паренхиме печени обволакиваются ободком мезенхимы, приводя к образованию воротных пространств и внутрипеченочных ветвей артериального русла печени. В этот момент пупочная вена все еще является преобладающим источником притока крови к развивающейся печени, доставляя насыщенную кислородом кровь в синусоидальную сеть через воротный синус.

Венозный проток, соединяющийся с нижней полой веной, развивается из левого угла воротного синуса. Венозный проток представляет собой канал без ветвей, со стенкой, богатой эластичными волокнами и гладкой мускулатурой. Считается, что он образуется из небольшого сосуда, соединяющего подпеченочный и поддиафрагмальный межжелточные анастомозы. Этот сосуд быстро увеличивается, становясь венозным протоком, при редукции левой и правой внутрипеченочных желточных вен, когда весь пупочный кровоток переносится в печень. В конце 6-й недели беременности внутриутробный тип печеночного кровообращения завершается. Примерно 80% кровотока печень на этой стадии получает от пупочной вены, при этом левая доля получает 100% своего кровотока от пупочной вены, а правая доля получает около 50% от пупочной вены и 50% от воротной вены.

При рождении происходит быстрая инволюция венозного протока и левой пупочной вены, которые становятся венозной связкой и круглой связкой соответственно. Таким образом, ствол воротной вены образуется из правой желточной вены и среднего межжелточного анастомоза. Верхняя брыжеечная вена (ВБВ) образуется из левой желточной вены. Правая ветвь воротной вены частично образуется из правой желточной вены и ее внутрипеченочных вен от правого угла подпеченочного межжелточного анастомоза. Левая ветвь воротной вены образуется в результате сохранения воротного синуса (подпеченочного межжелточного анастомоза) и угловой ветви, у левого угла места слияния левой пупочной вены с левой желточной веной.

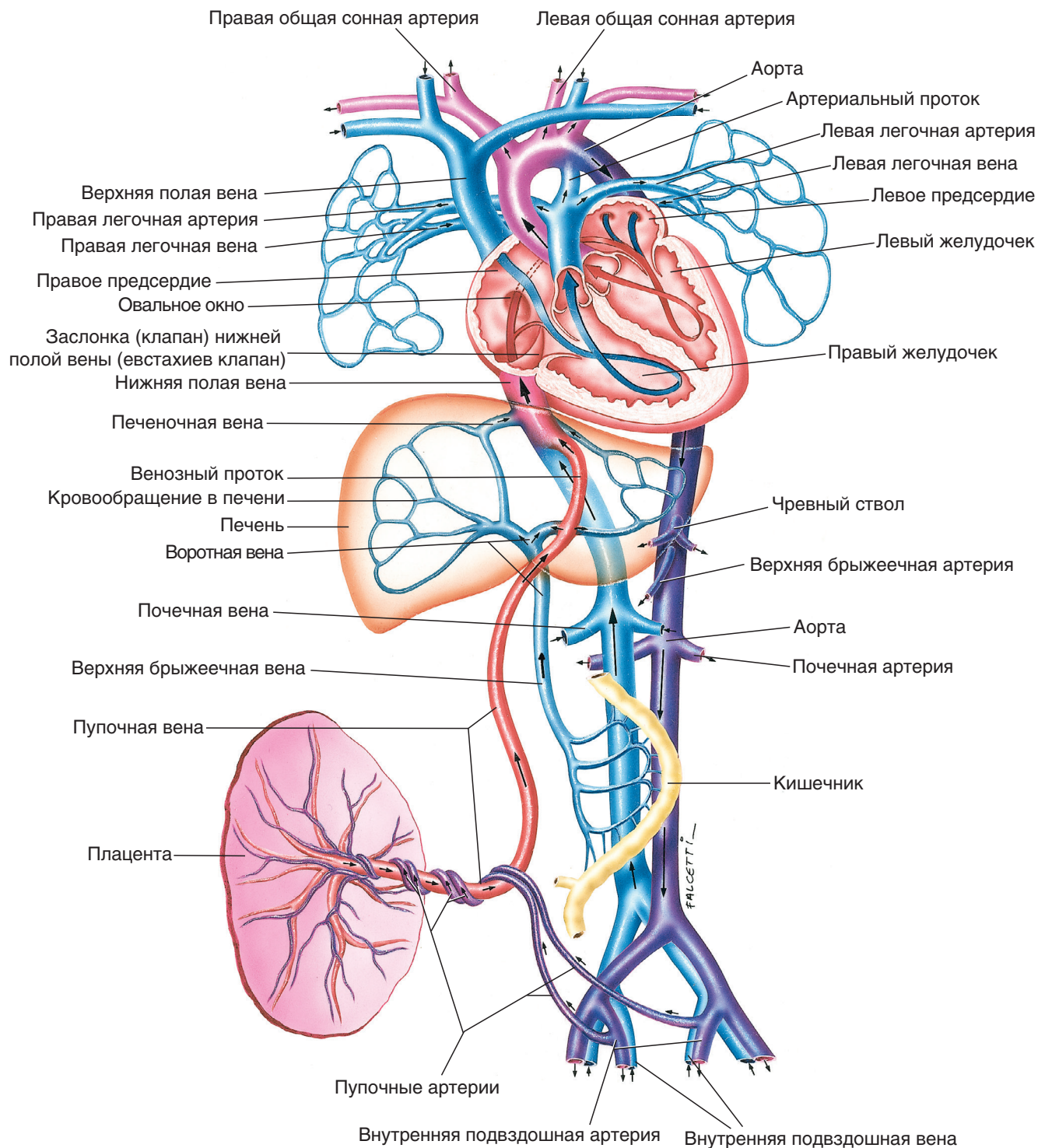


РИС. 1.1. Кровообращение плода. Плод получает насыщенную кислородом кровь из плаценты через пупочную вену. Часть полученной крови проходит через печеночные синусоиды, в то время как большая часть поступающей крови проходит через венозный проток непосредственно в нижнюю полую вену. В нижней полой вене богатая кислородом кровь из плаценты смешивается с кровью из каудальных отделов плода. Смешанный поток крови поступает в правое предсердие и проходит через межпредсердную мембрану и овальное отверстие в левое предсердие. В левом предсердии кровь снова смешивается с плохо насыщенной кислородом кровью из легочных вен, а затем поступает через левый желудочек в аорту. Кровь из верхней полой вены и небольшое количество крови из нижней полой вены отводится в легочную артерию, где кровь шунтируется в нисходящую грудную аорту через артериальный проток. Полученная в результате смешанная кровь поступает в брюшную аорту, в кровоток внутренних органов и нижних конечностей, в конечном итоге через пупочные артерии достигая плаценты для насыщения кислородом

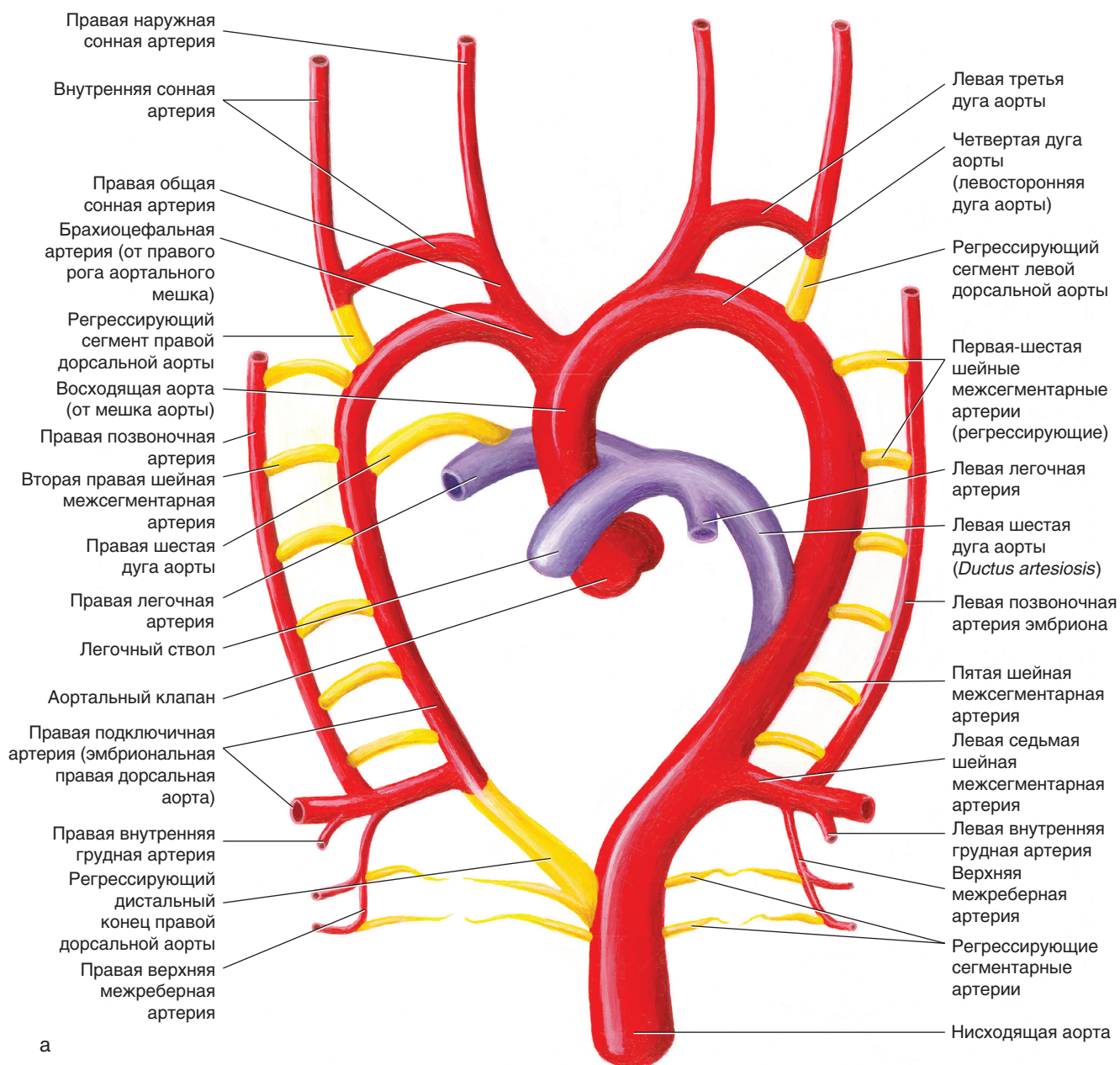


РИС. 1.2. Развитие аорты и ее ветвей: а — сегменты, которые обычно регрессируют, выделены желтым цветом. Легочная артерия и артериальный проток указаны фиолетовым цветом. Двусторонние дуги аорты выходят из аортального мешка и переходят кзади в дорсальную аорту. Первая (I) и вторая (II) дуги имеют эвольвентную форму (не показаны). Ветви третьей (III) дуги образуют внутренние сонные артерии. Левая четвертая (IV) дуга аорты сохраняется таковой, а шестая (VI) — как артериальный проток. Проксимальная правая четвертая (IV) дуга и часть правой дорсальной аорты образуют правую подключичную артерию. Подключичные артерии являются производными от седьмых шейных межсегментарных артерий. После рождения сохраняются нормальные формы дуги аорты и легочного ствола. Артериальный проток остается единственным остатком шестой (VI) дуги

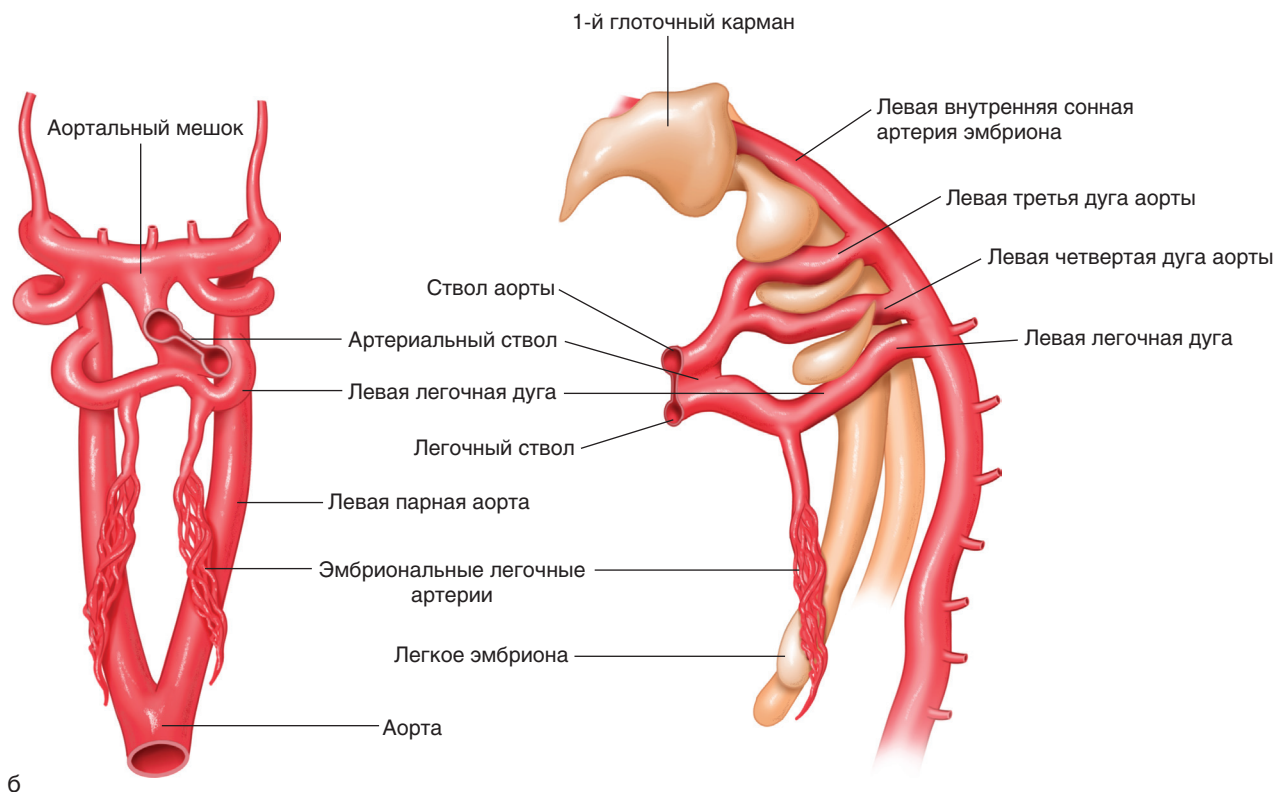


РИС. 1.2. (Окончание). б — передний и боковой виды развивающихся дуг аорты и их взаимосвязи с глоточными карманами и развивающимся легким у эмбриона размером 11 мм. Артериальный ствол дифференцировался на легочный и аортальный стволы. Первая, вторая и пятая дуги аорты регрессировали

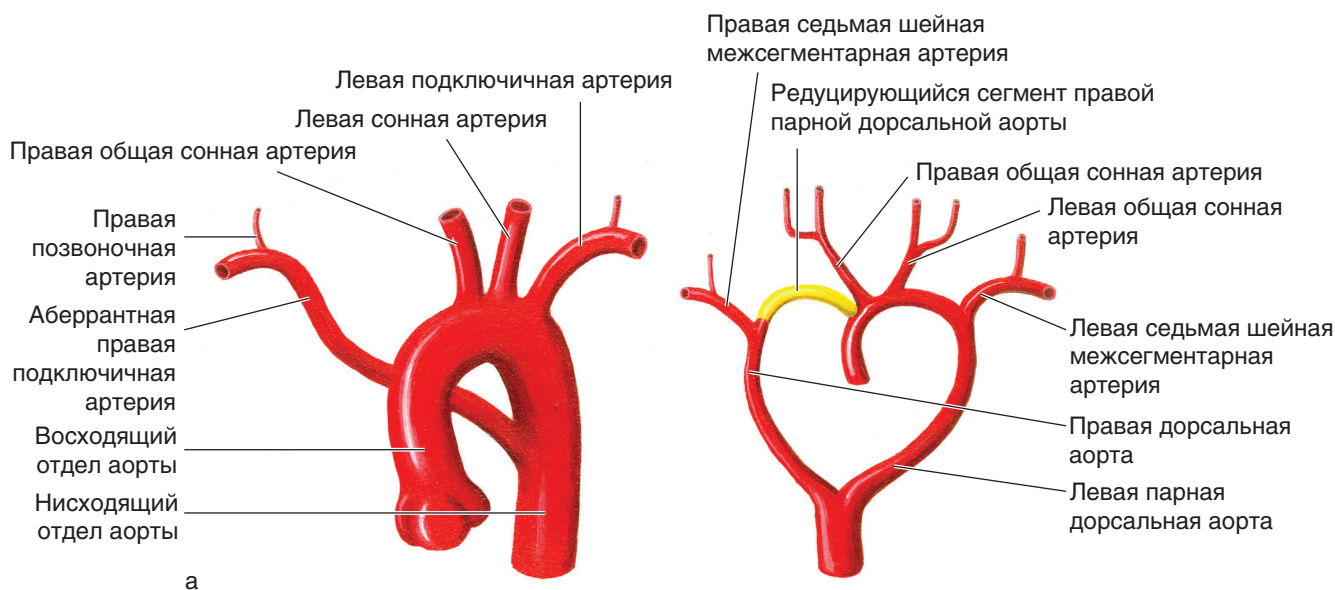


РИС. 1.3. Варианты ветвления аорты и их эмбриологическое происхождение: а — аберрантная правая подключичная артерия образуется в результате прерывания эмбриональной правой парной дорсальной аорты проксимальнее правой седьмой шейной межсегментарной артерии

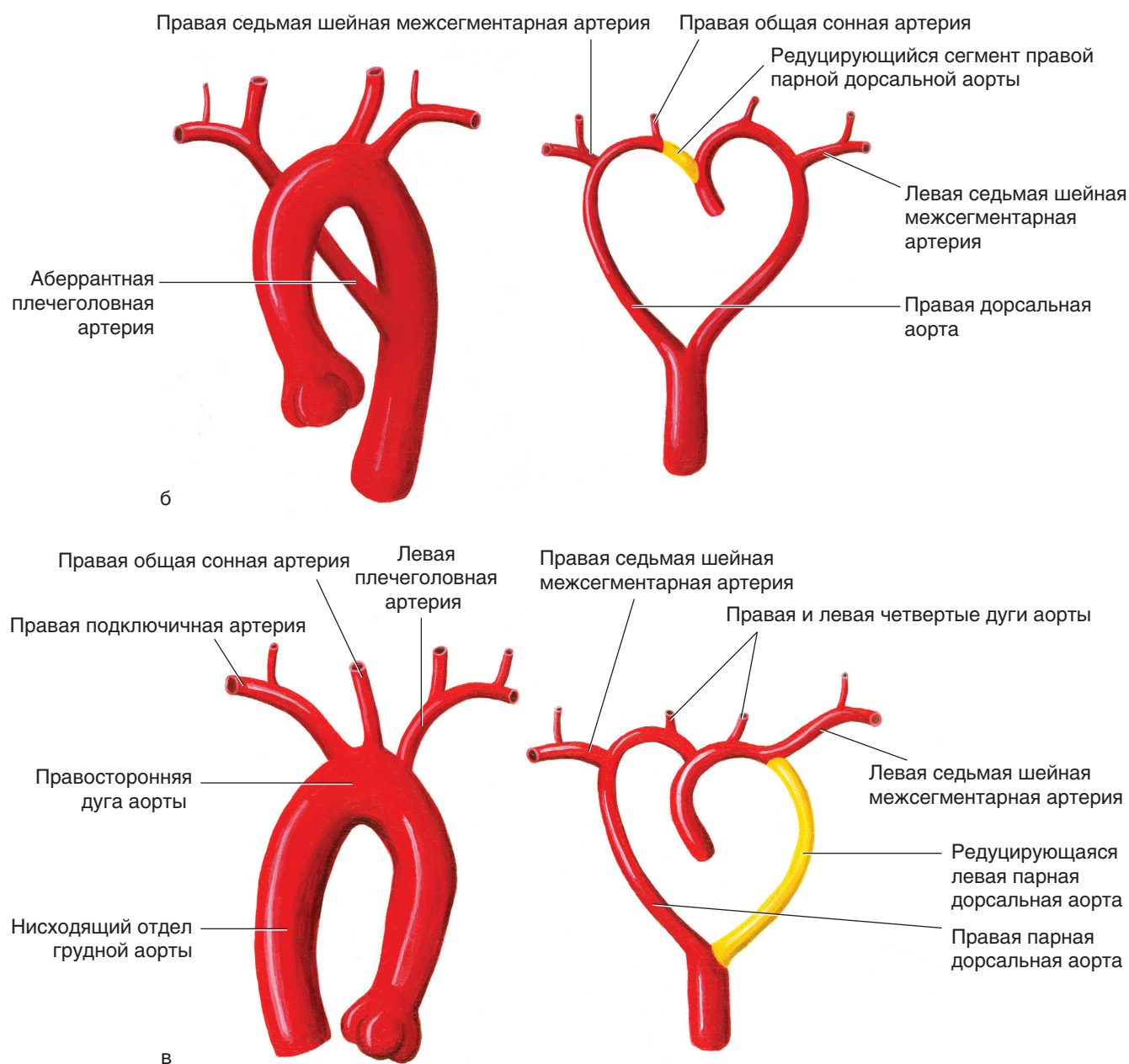


РИС. 1.3. (Продолжение). б — прерывание правой парной дорсальной аорты проксимальнее правой общей сонной артерии приводит к образованию аберрантной плечеголовной артерии; в — правосторонняя дуга аорты с зеркальным расположением ветвей образуется в результате редукции левосторонней дорсальной аорты дистальнее левой седьмой шейной межсегментарной артерии

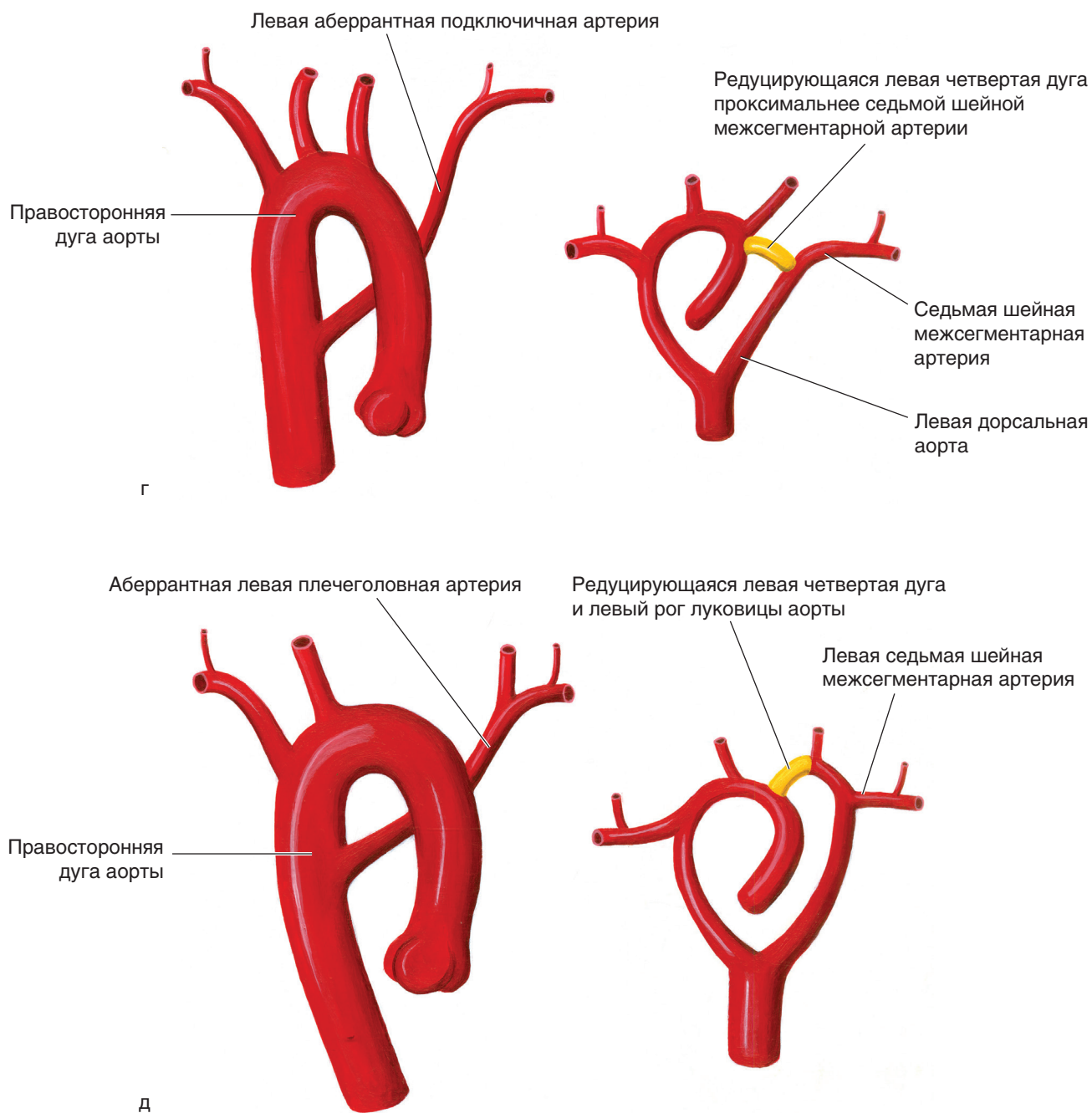


РИС. 1.3. (Окончание). г — редукция левой четвертой дуги проксимальнее седьмой левой шейной межсегментарной артерии приводит к образованию правосторонней дуги аорты с aberrантной левой подключичной артерией; д — редукция левой четвертой дуги на уровне левого рога аортального мешка приводит к образованию правосторонней дуги аорты с aberrантной левой плечеголовной артерией

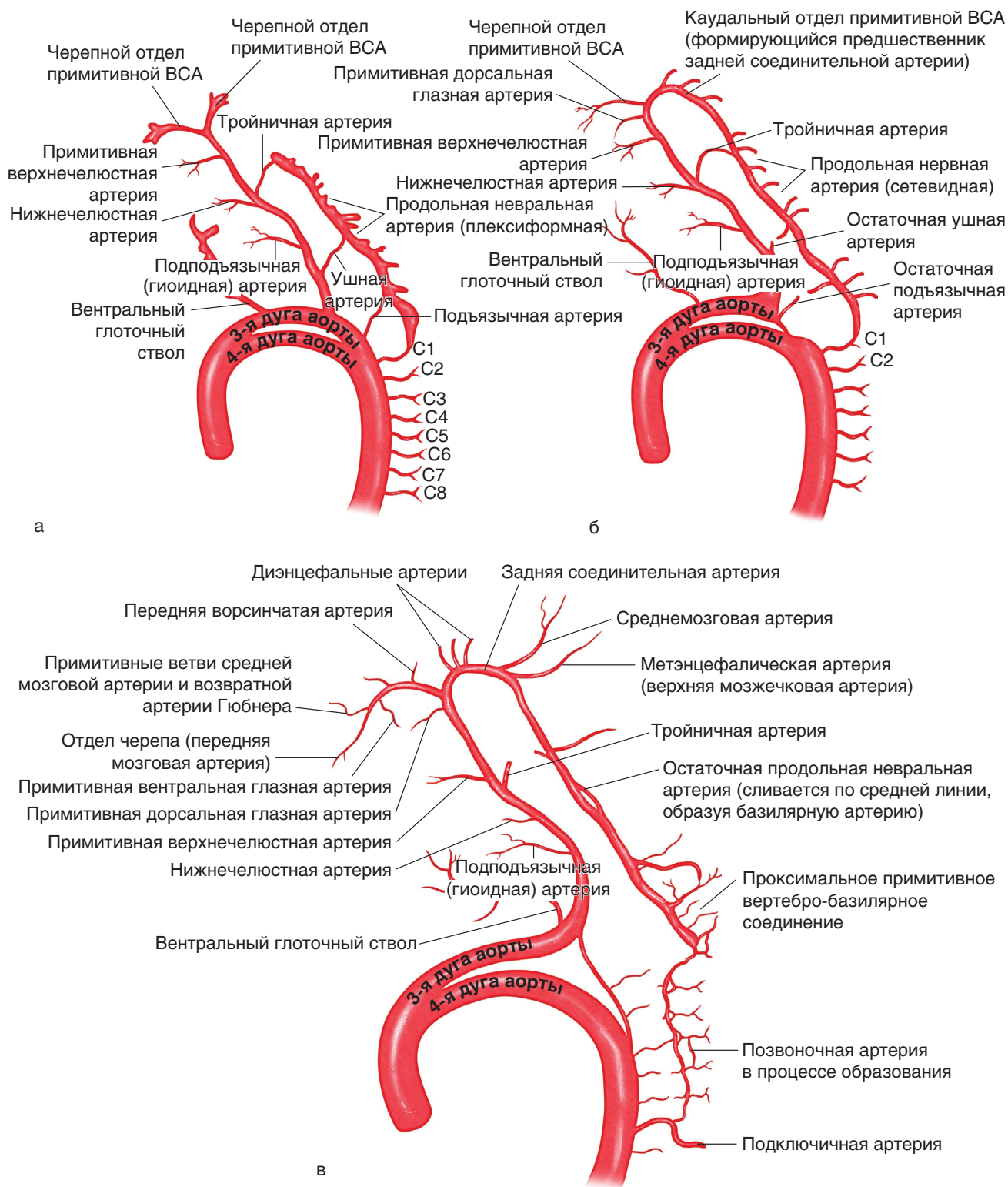


РИС. 1.4. Развитие кровоснабжения головного и спинного мозга: а — эмбрион размером 4 мм имеет множество связей между развивающейся внутренней сонной артерией (ВСА) и продольной нервной артерией, включающих тройничную, ушную и подъязычную артерии. На этой стадии позвоночная артерия еще недостаточно развита; б — у эмбриона размером 6 мм ушная и подъязычная артерии начали редуцироваться, каудальный отдел примитивной внутренней сонной артерии соединяется с продольной нервной артерией, образуя предшественника задней соединительной артерии; в — у эмбриона размером 12 мм тройничная артерия редуцировалась и начала формироваться позвоночная артерия. Все, кроме седьмой шейной межсегментарной артерии, редуцировались, что привело к образованию подключичных артерий. На этом этапе продольная нервная артерия сливается, образуя базилярную артерию. Вертебробазилярное соединение по-прежнему имеет сетевидную форму, что служит основой для формирования разных вариантов нижней мозжечковой артерии

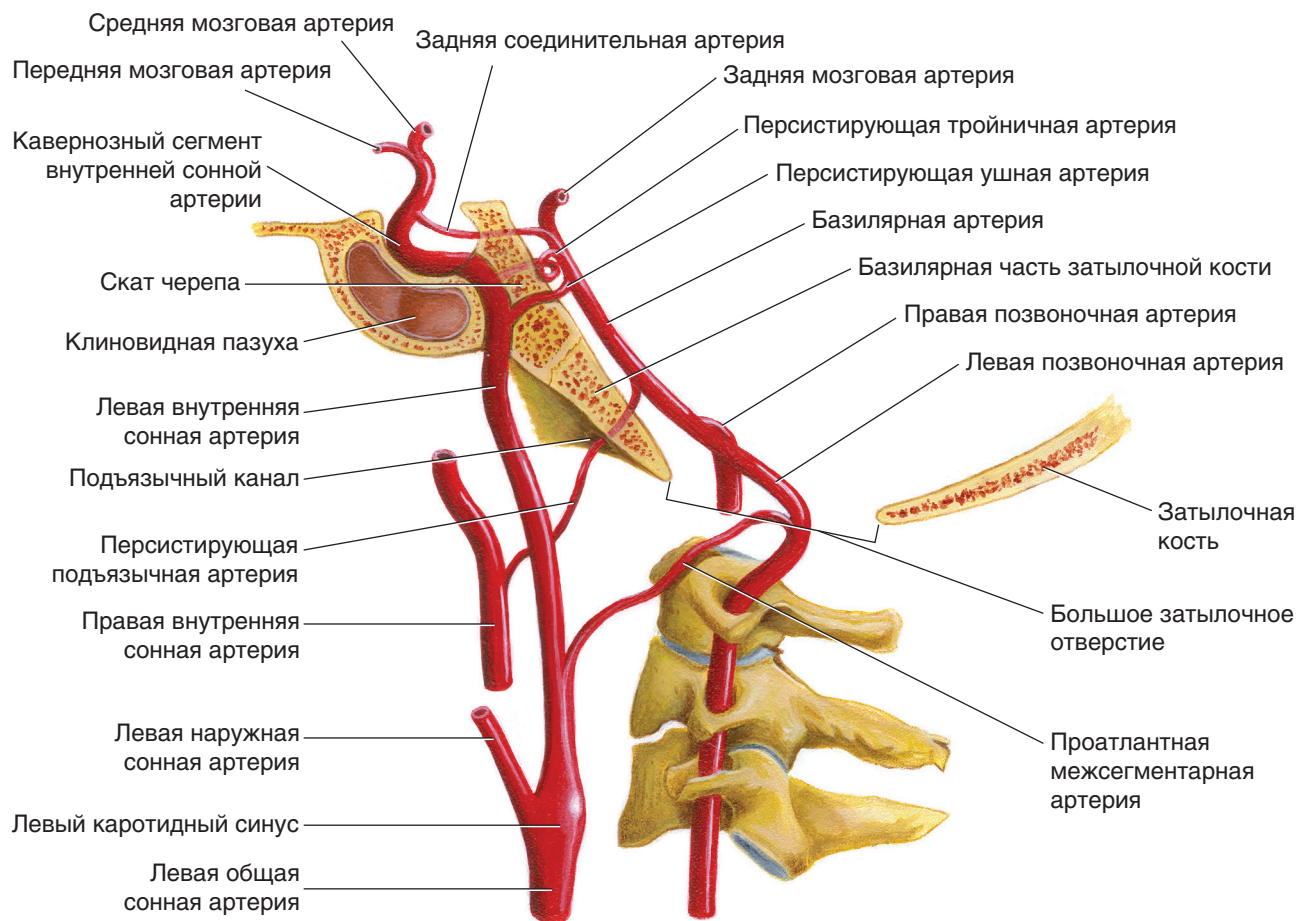


РИС. 1.5. Схематическое изображение, демонстрирующее четыре возможных варианта сонно-позвоночных анастомозов

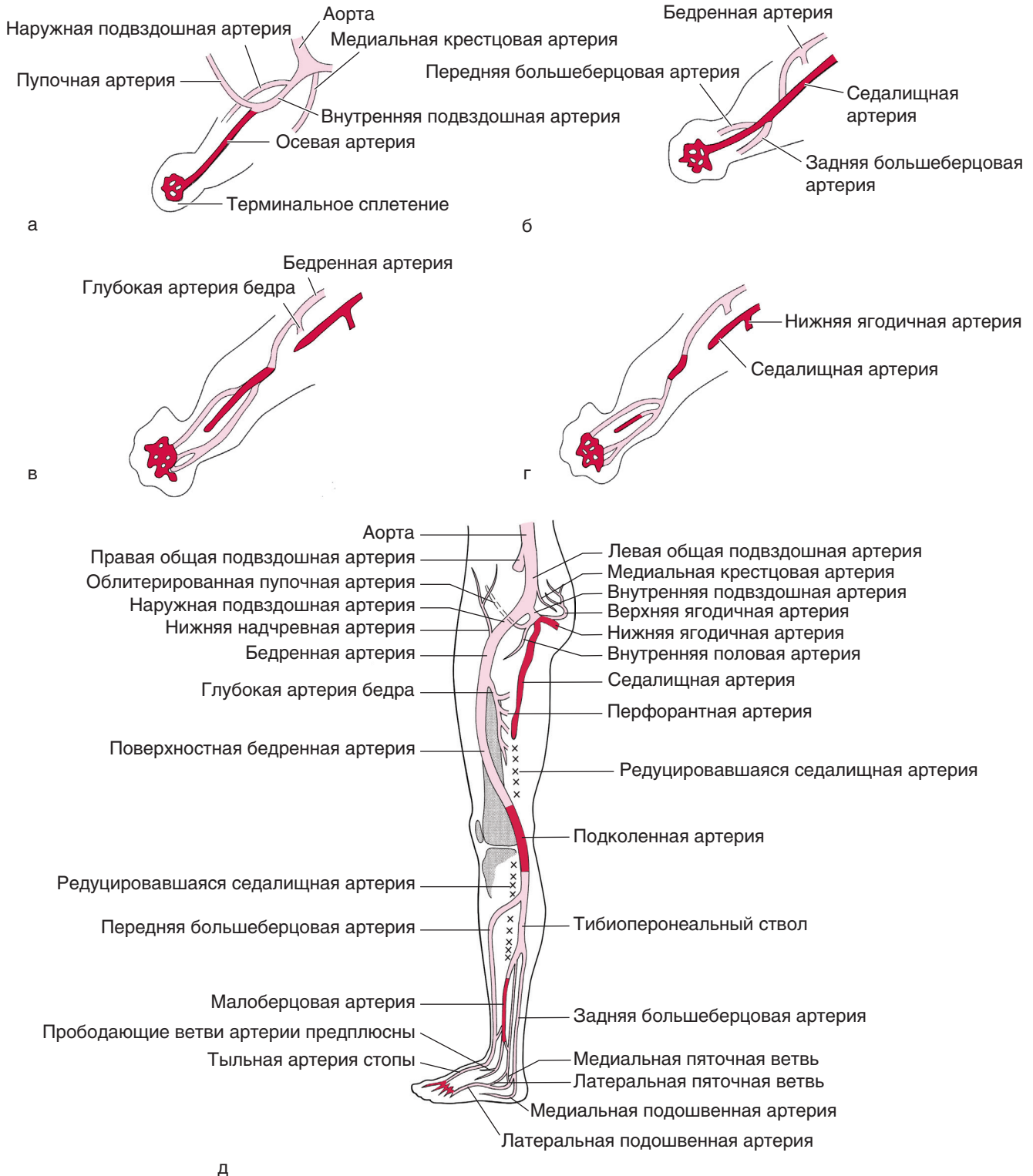


РИС. 1.6. Развитие артерий нижней конечности. Зачаток нижней конечности кровоснабжается седалищной артерией, отходящей от пупочной артерии (а). Наружная подвздошная артерия и бедренные артерии уже сформировались от общей подвздошной артерии с дальнейшим развитием в общую бедренную артерию, поверхностную бедренную артерию и проксимальный сегмент глубокой артерии бедра (б). Седалищная артерия редуцируется и трансформируется в основном в нижнюю ягодичную артерию и дистальный сегмент малоберцовой артерии (в, г). Дополнительно седалищная артерия дает сегмент глубокой артерии бедра и подколенные артерии (д)

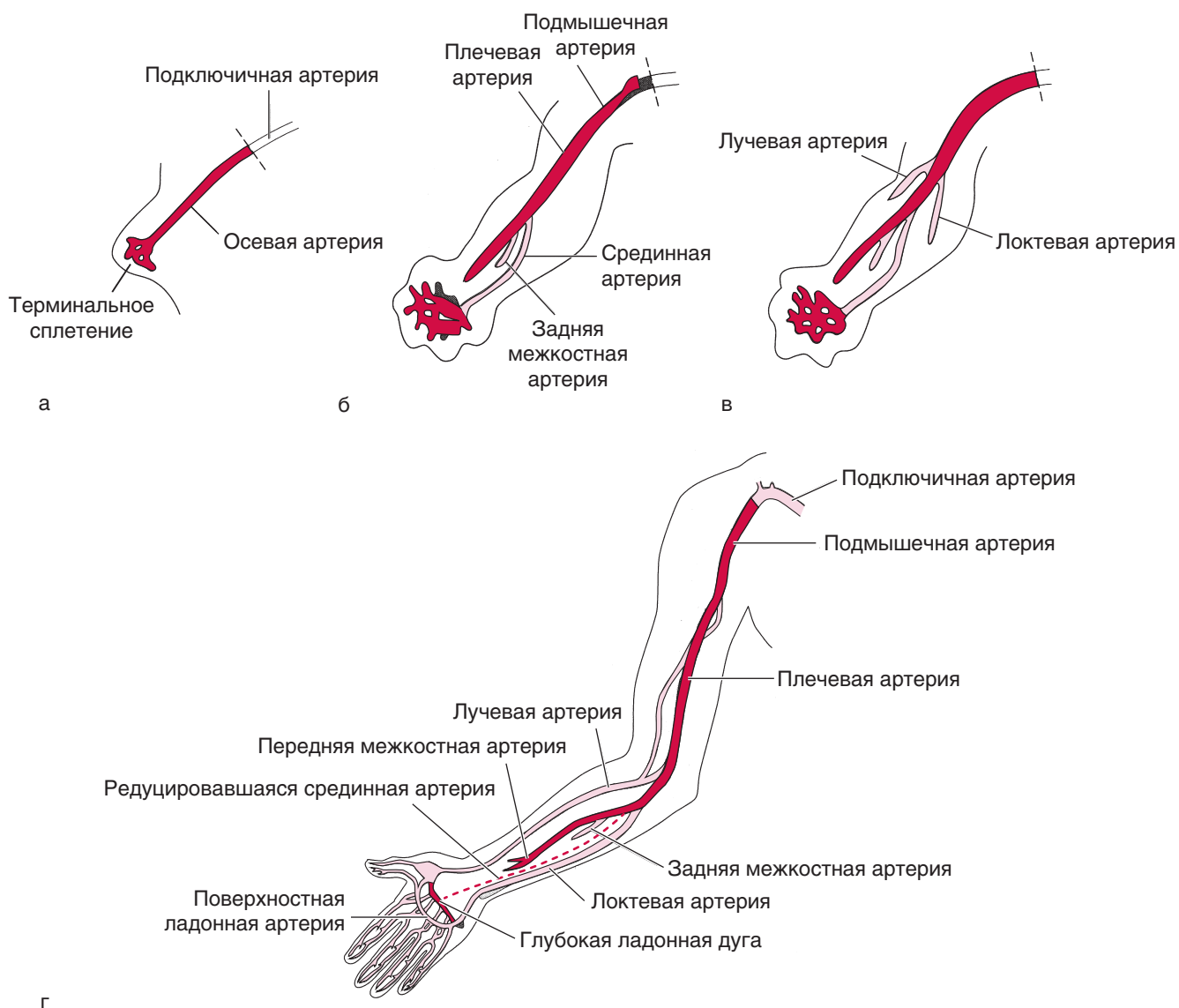


РИС. 1.7. Развитие артерий верхней конечности: а, б — сосудистая сеть верхних конечностей происходит от седьмых шейных межсегментарных артерий. Первичная осевая артерия зачатка верхней конечности развивается в плечевую, межкостную, локтевую и срединную артерии; в, г — лучевая артерия происходит от плечевой артерии, в то время как межкостная и срединная артерии редуцируются

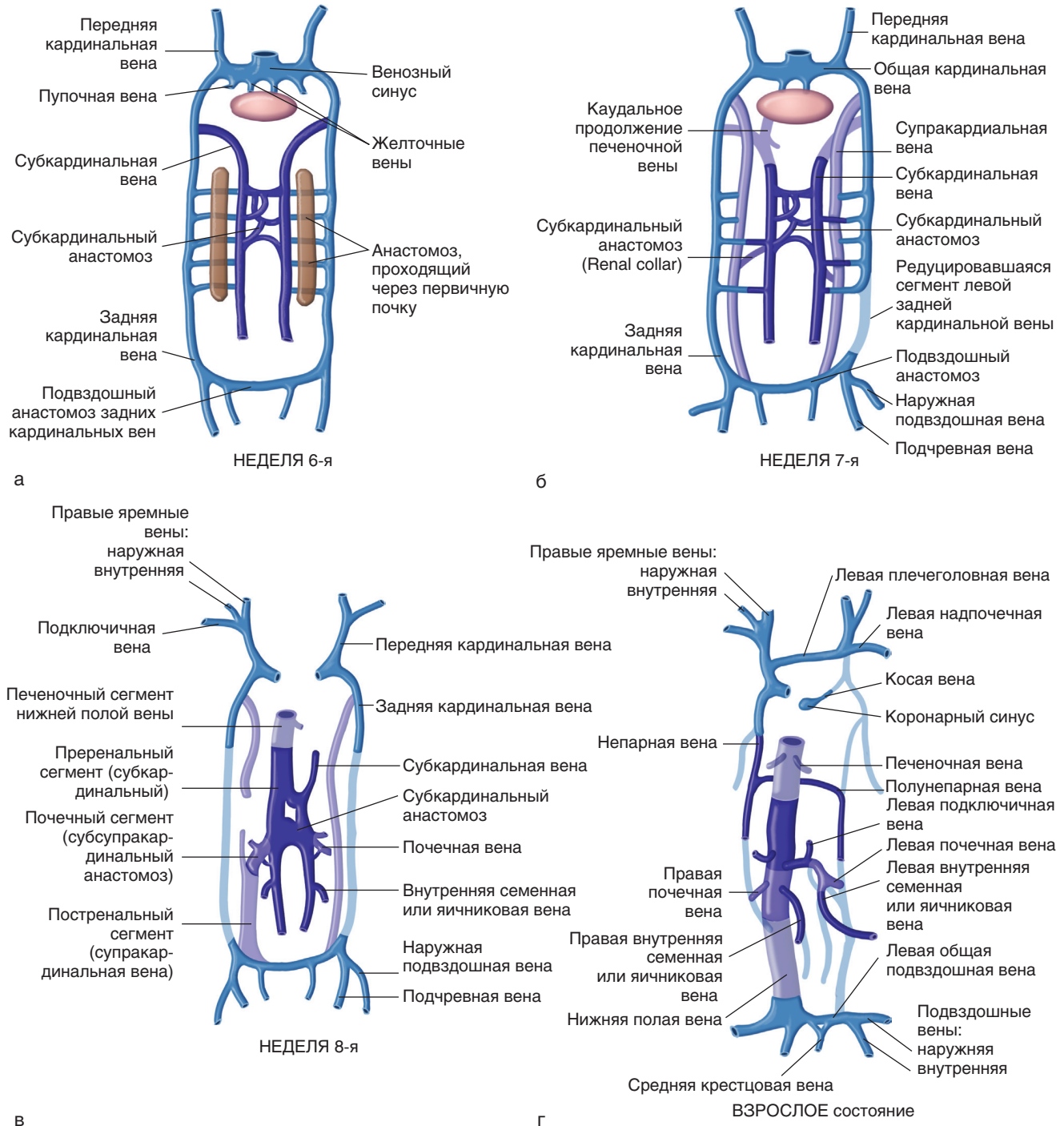


РИС. 1.8. Развитие системных вен: а — на 6-й неделе венозный синус является местом слияния передних кардинальных, пупочных, задних кардинальных и желточных вен. Субкардинальные вены по средней линии анастомозируют через субкардинальный анастомоз, а также посредством задних кардинальных вен через развивающуюся первичную почку; б — на 7-й неделе развиваются супракардинальные вены, а также субсупракардинальные анастомозы; в — к 8-й неделе задние кардинальные вены начинают редуцироваться; г — во взрослом состоянии нижняя полая вена представляет собой непрерывный канал от подвздошных вен к правому предсердию. Светло-голубым цветом указаны редуцирующиеся структуры

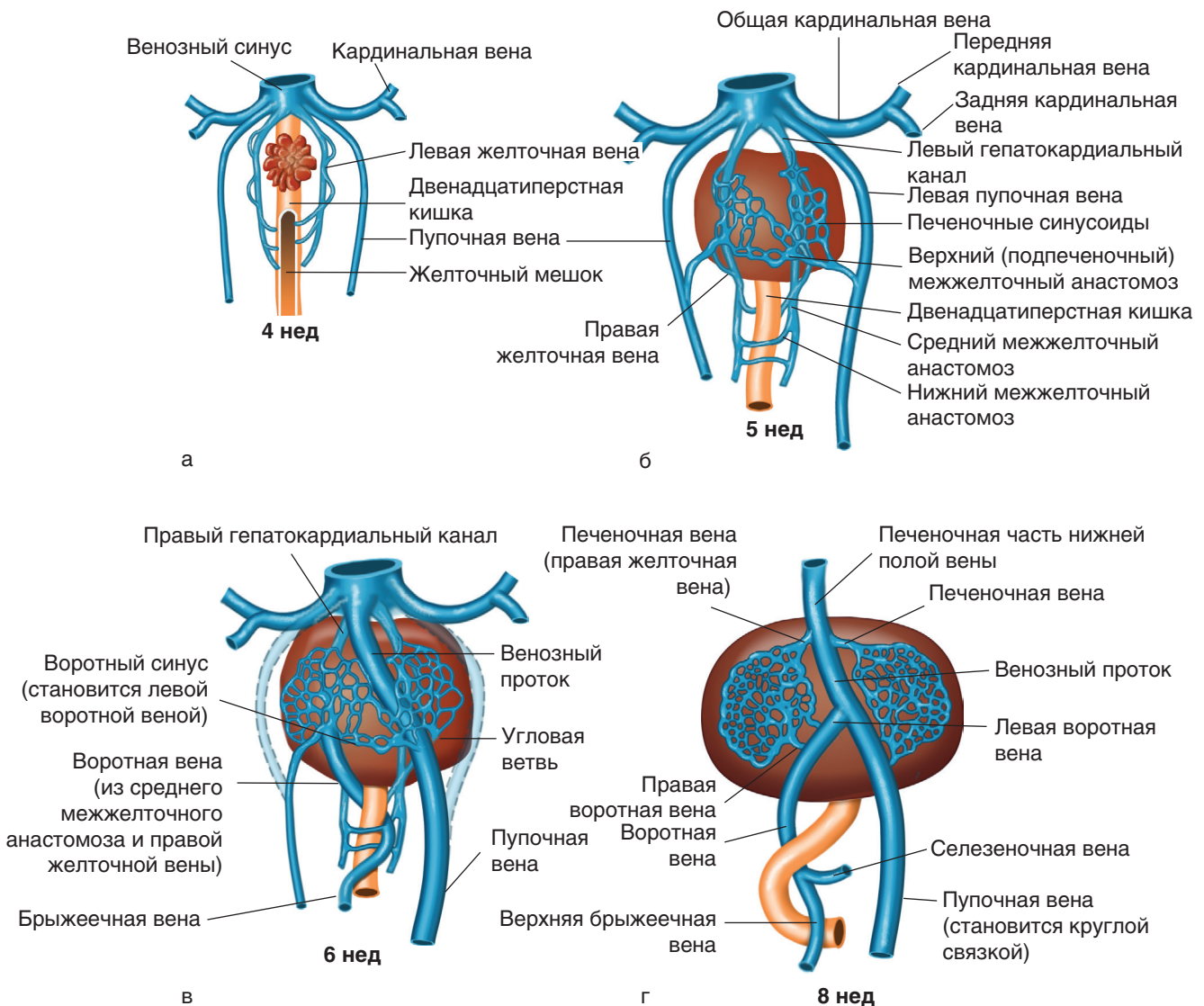


РИС. 1.9. Развитие воротной вены: а — развитие воротной вены начинается с того, что правая и левая желточные вены достигают венозного синуса через зачаток печени. На этой стадии пупочные вены впадают в правый и левый рог венозного синуса и образуют анастомозы с зачатком печени; б — к концу 4-й недели беременности наступает «симметричная стадия». Происходит инволюция правой пупочной вены и дистального внепеченочного сегмента левой пупочной вены. Имеются четыре межжелточных анастомоза, соединяющих правую и левую желточные вены и связанные на данной стадии развивающимся синусоидальным сплетением; в — в 6 нед кровообращение плода формируется окончательно, при этом венозный проток соединяет пупочную вену с нижней полой веной. Сохраняются верхний (подпеченочный) и средний межжелточные анастомозы. Воротная вена впадает под прямым углом в подпеченочный анастомоз, становящийся промежуточным синусом (воротный синус). Центральный сегмент левой желточной вены и периферический сегмент правой желточной вены редуцируются, и в левой части промежуточного синуса образуется угловая ветвь с соответствующими крупными внутрипеченочными венами, образующимися в правом углу промежуточного синуса; г — при рождении имеются зрелая воротная вена, а также венозная и круглая связки. Правая воротная вена образуется из внутрипеченочных ветвей в правом углу промежуточного синуса. Левая воротная вена образуется из подпеченочного межжелточного анастомоза (промежуточный синус) и угловой ветви. Главная воротная вена и верхние брыжеечные вены образуются из правой и левой желточных вен и среднего межжелточного анастомоза