

На правах рукописи



АНИКИЕНКО ИННА ВИКТОРОВНА

**Морфофункциональные особенности артериального и венозного русла
большого круга кровообращения байкальской нерпы в постнатальном
онтогенезе**

4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора биологических наук

Ставрополь – 2026

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского»

Научный консультант: **Рядинская Нина Ильинична** – доктор биологических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского», заведующий кафедрой морфологии животных и ветеринарной санитарии

Официальные оппоненты: **Тайгузин Рамиль Шамильевич** – доктор биологических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет», заведующий кафедрой ветеринарно-санитарной экспертизы и фармакологии

Зеленевский Николай Вячеславович – доктор ветеринарных наук, профессор, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины», профессор кафедры анатомии животных

Фоменко Людмила Владимировна – доктор ветеринарных наук, профессор, ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина», профессор кафедры анатомии, гистологии, физиологии и патологической анатомии

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени Скрябина»

Защита диссертации состоится «27» ноября 2026 г. В 10 часов 00 минут на заседании диссертационного совета 35.2.036.02 на базе ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» по адресу: 355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» и на сайте <https://www.stgau.ru>.

Автореферат разослан «__» _____ 2026 г. и размещен на сайтах: ВАК Министерства науки и высшего образования РФ <https://vak.gisnauka.ru> «__» _____ 2026 г.; ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» <https://www.stgau.ru> «__» _____ 2026 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета 35.2.036.02,
кандидат биологических наук, доцент



Шулунова Ангелина Николаевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследований и степень ее разработанности

Озеро Байкал – одно из наиболее древних (более 25 млн лет) и глубоких (1642 м по последним данным) пресноводных водоемов мира. В озере Байкал обитает 1500 эндемичных водных организмов, причем количество таких видов увеличивается с каждым годом и ждет своих исследователей (Беркин Н.С. и др., 2009).

Единственным эндемиком млекопитающим Байкала является байкальская нерпа (*Pusa sibirica* Gmelin, 1788), по праву считающаяся символом озера. Существует несколько гипотез, объясняющих как типичное «морское» животное – байкальская нерпа, оказалось в озере Байкал. При анализе геологической истории и палеоклиматической обстановки наиболее вероятным является вселение предка байкальской нерпы в конце позднего плейстоцена (Петров Е.А., Купчинский А.Б., 2021; Петров Е.А., Купчинский А.Б., 2022).

Байкальская нерпа очень хороший ныряльщик и обладает значительным запасом кислорода (O₂) до 70-90 мл/ кг массы тела у взрослых особей (Петров Е.А., Шошенко К.А., 1987).

История изучения биологии и экологии байкальской нерпы насчитывает не одно столетие и связано с именами таких ученых как И.Г. Георги (Georgi, 1775), Б.И. Дыбовский (1872), З.Ф. Сватош (1925, 1926), Т.М. Иванов (1938), Пастухов В.Д. (1993), Свиридов Н.С. (1955, 1958). В 1980-х научным коллективом под руководством Шошенко К.А. были изучены особенности физиологической и биохимической адаптации организма байкальской нерпы к водному образу жизни (Шошенко К.А., 1975, 1981; Петров Е.А., 1982, 1985; Баранов Е.А. и др., 1985, 1988, 1995; Баранов В.И. и др., 1988; Баранов Е.А., Петров Е.А., 1992). Биологические и экологические особенности байкальской нерпы активно изучаются и в настоящее время (Петров Е.А. и др., 2021, 2023; Петров Е.А., Купчинский А.Б., 2022, 2023, 2024).

В настоящее время байкальская нерпа остается промысловым видом, порядок проведения добычи которого регламентируется подзаконным нормативным правовым актом «Правилами рыболовства в Байкальском рыбохозяйственном бассейне». Согласно данному акту разрешена добыча в целях обеспечения ведения традиционного образа жизни и осуществления традиционной хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока, в научно-исследовательских и контрольных целях (2–3 тыс. голов в год).

Байкальская нерпа занесена в Красную книгу Международного союза охраны природы как вид, вызывающий наименьшие опасения (Goodman S., 2016). В то же время, как Goodman S., так и другие исследователи, указывают на угрозы для существования вида как антропогенного: рыболовство, загрязнение воды промышленными стоками, туризм, судоходство и др., так и природного характера, например, потепление климата (Купчинский А.Б. и др., 2021; Petrov E.A. et al., 2021; Петров Е.А. и Купчинский А.Б., 2023; Аникиенко И.В. и др. 2025; Петров Е.А. и др., 2025). Эпизоотия байкальской нерпы осенью 1987 г была вызвана вирусом чумы плотоядных (Баранова Л.В. и др., 1992; Бейм А.М. и др., 1992; Mamaev L.V. et al., 1995; Беликов С.И. и др., 1999). Гибель нерп в конце октября 2017 года была не столь массовой и ее причины до сих пор не выяснены (Ryadinskaya N.I. et al., 2020).

Байкальская нерпа содержится в океанариумах России и других стран, а также в нерпинариях города Иркутска. В последние годы в ветеринарных клиниках Иркутской области возрастает число обратившихся для проведения прижизненных исследований у этих необычных пациентов.

Байкальская нерпа является важным объектом биологического мониторинга, который включает определение численности вида, его распределения, наблюдения за животными и т.д. Вышеуказанное свидетельствует о необходимости разработки и обоснования не только методов исследования здоровья нерп, оказания им лечебной помощи, проведения судебно-ветеринарной экспертизы, но и мер постнатальной реабилитации сирот нерпы, что невозможно без знания морфологических особенностей организма эндемика, в том числе и кровеносной

системы. Также существует проблема определения возраста у живых нерп или их останков, в которых отсутствует голова, где можно определить возраст по спилу основания клыка, а также обоснования инъекционных доступов к артериальным и венозным сосудам.

Тема диссертационного исследования определена актуальностью проблемы, которая выражается в отсутствии знаний о вариантах строения, топографии, возрастных изменениях и морфофункциональных особенностях сосудистого русла большого круга кровообращения у байкальской нерпы, а также в потребности в точных данных клинических показателей основных магистралей кровеносных сосудов для диагностики, лечения байкальской нерпы и необходимостью определения инъекционных и хирургических доступов с учетом выявленных особенностей.

Степень разработанности темы исследований

Выбор темы диссертационного исследования обусловлен ее актуальностью и недостаточной разработанностью проблемы. Сосудистое русло описано у многих промысловых зверей (Васильев Д.В., Зеленецкий Н.В., 2014; Теленков В.Н., Хонин Г.А., 2018, 2019; Теленков В.Н. и др., 2020; Зеленецкий Н.В. и др., 2022; Зеленецкий Н.В., 2023; Былинская Д.С., Хватов В.А., 2024; Теленков В.Н., 2025; Донкова Н.В., Менчикова И.Э., 2024, 2025; Менчикова И.Э., Донкова Н.В., 2025). В доступной литературе отражена информация о диаметре основания аорты, луковицы аорты, нисходящей аорты и их микроструктуре, а также о магистральных сосудах дуги аорты у отдельных представителей семейства настоящие тюлени (обыкновенного тюленя, тюленя Уэддэлла, крабоеда, тюленя Росса, кольчатой нерпы, хохлача и морского леопарда) и семейства ушастые тюлени (южноамериканского морского котика, австралийского и новозеландского морских львов) (Drabek С.М., 1975; King J.E., 1977; King J.E., 1983; Rhode E.A. et al. 1986; Drabek С.М., Burns J.M., 2002; Smodlaka H., 2004; Smodlaka H. et al., 2010; Guimarães J.P. et al., 2014; Blix A.S. et al., 2016; Diaz A. et al., 2024; Storlund R.L. et al., 2024). В то же время возрастные изменения указанных структур дуги аорты практически не изучены у указанных ластоногих. Анализ литературы, содержащей сведения о морфофункциональных особенностях сосудистого русла большого круга кровообращения, показал, что в настоящее время у представителей ластоногих недостаточно отражены ветвление артериальных сосудов грудной и брюшной аорты, головы, тазовых и грудных конечностей, их морфометрические показатели и гистологическое строение их стенки. В этой области имеются работы Кузина А.Е. (1999, 2015), Smodlaka H. (2004), Tarasoff F.J, Fisher H.D. (1970), Мужчинкина В.Ф. (1971).

Магистральные сосуды венозного русла: печеночный синус, каудальная полая вена, непарная вена, яремные вены и венозные сплетения (поверхностное «звездчатое» сплетение почек, перикардальное и тазовое венозные сплетения), а также структура диафрагмального сфинктера были изучены у северного морского котика, сивуча, ларги, хохлача, обыкновенного, серого и гренландских тюленей, а также кольчатой нерпы (Harrison R.J., Tomlinson J.D.W., 1956; Blix A.S. et al., 1975; Hol R. et al., 1975; Галанцев В.П., 1977; Галанцев В.П., 1983; Blix A.S. et al., 1983; Huntley A.C. et al., 1984; Munkacsi I.M., Newstead J.D., 1985; Folkow L.P., Blix A.S., 1987; Galantsev V.P., 1991; Rommel S.A. et al., 1995; Nordgarden U. et al, 2000; Smodlaka H., 2004; Lester-Jones C.W., Costa D.P., 2006; Blix A.S., 2011; Lillie M.A. et al., 2018). В доступной литературе представлена информация о гистологической структуре печеночного синуса и вен перикардального сплетения для северного морского слона и обыкновенного тюленя (Smodlaka H. et al., 2010). В то же время сведения о возрастных изменениях венозного русла, оттоке крови головы, органов брюшной полости и таза у ластоногих малочисленны (Кузина А.Е., 1999; Harrison R.J., Tomlinson J.D.W., 1956; Tarasoff F.J, Fisher H.D., 1970). Инъекционные доступы в отдельных анатомических областях разработаны для представителей семейства ушастые тюлени (Palumbo N.E. et al., 1971; Clark P., 2004; López A.S., 2013; Renner M., Bailey J., 2013), в то время как у настоящих тюленей они известны только для обыкновенного и серого тюленей (Sobrado A., 2011; Grande F. et al., 2015).

У байкальской нерпы были изучены анатомические особенности черепа, мышц головы, коры головного мозга (Галанцев В. П. и др., 1990; Лукьянова Е.Л., 1992; Лукьянова Е.Л., 1994;

Endo H. et al., 1998a; Endo H. et al., 1998b; Endo H. et al., 1999). В кровеносном русле ранее были исследованы интраорганное кровоснабжение селезенки, печени, почек, сердца и базальной поверхности мозга (Усов А.Л., Усова Н.Ф., 2009; Молькова А.А., Рядинская Н.И., 2020; Сайванова С.А., 2017; Помойницкая Т.Е., 2021; Рядинская Н.И. и др., 2020; Табакова М.А., 2020; Tarasevich V.N., 2021; Помойницкая Т.Е., 2022 и др.).

Таким образом, сведения о морфофункциональных особенностях кровеносного русла байкальской нерпы требуют уточнения, дополнения и получения новых данных для диагностики и лечения.

В связи с этим, была поставлена следующая **цель исследования** – изучить структурно-функциональные особенности кровеносного русла большого круга кровообращения байкальской нерпы в постнатальном онтогенезе.

Задачи исследования

1. Выявить видовые и возрастные анатомические особенности архитектоники, строения стенки аорты (дуга, грудная и брюшная аорта) и плечеголового ствола у байкальской нерпы.
2. Изучить артериальное русло головы байкальской нерпы в видовом и возрастном аспектах.
3. Определить морфологические характеристики ветвления и строения артерий грудной и тазовой конечностей у байкальской нерпы в постнатальном онтогенезе.
4. Выявить видовые анатомические особенности ветвления, топографии, строения вен системы краниальной полых вен, в том числе вен головы, байкальской нерпы в постнатальном онтогенезе.
5. Исследовать архитектуру и строение стенки вен системы каудальной полых и воротной вен байкальской нерпы в видовом и возрастном аспектах.
6. Описать видовые и возрастные анатомические особенности венозного русла грудной и тазовой конечностей байкальской нерпы.
7. Изучить топографию, строение эпидуральной вены и ее связи с венами большого круга кровообращения байкальской нерпы.
8. Разработать алгоритм определения принадлежности нерп к определенной возрастной группе на основе полученных дискриминантных функций по морфометрическим показателям кровеносного русла.
9. Установить ультрасонографические характеристики основных магистралей байкальской нерпы в норме и на их основе обосновать инъекционные доступы к артериальным и венозным сосудам.

Объект исследований. Представитель семейства настоящие тюлени – байкальская нерпа.

Предмет исследований. Архитектоника, морфометрические показатели и гистологическая структура артерий и вен большого круга кровообращения (аорты, артерий головы, грудной и тазовых конечностей, бассейнов краниальной и каудальной полых вен, воротной и эпидуральной вен, вен головы, грудной и тазовых конечностей) байкальской нерпы разных возрастных групп (новорожденные, бельки, сеголетки, неполовозрелые и половозрелые нерпы), ультрасонографические и рентгенографические характеристики основных артериальных и венозных магистралей клинически здоровых нерп.

Гипотеза исследований.

Артериальные и венозные сосуды большого круга кровообращения байкальской нерпы характеризуются комплексом специализированных анатомических адаптаций (выраженное ампулообразное расширение аорты, видоспецифическая архитектура магистральных сосудов, гипертрофированная венозная сеть с многочисленными анастомозами и анатомические особенности микроструктуры стенки магистральных сосудов) к условиям длительных ныряний с апноэ и резким перепадам гидростатического давления, а их формирование демонстрирует зависимость от возрастной морфофункциональной перестройки организма.

Научная новизна. У байкальской нерпы впервые получены сведения о топографии участков расширения и сужения дуги аорты, а также строения их стенки в возрастном аспекте. Выявлены видовые и возрастные анатомические особенности архитектоники плечеголового ствола, грудной и брюшной аорты, строение их стенки. Изучены и уточнены возрастные изменения артериального русла головы у байкальской нерпы. Впервые исследованы архитектоника и строение артерий грудной и тазовой конечностей (ласт) в возрастном аспекте с полным описанием их анатомо-топографической характеристики, выявлены артериальные чудесные сети ласт.

При исследовании венозного русла впервые получены данные по сосудам, осуществляющим отток крови от головы двумя наружными яремными венами (латеральной и медиальной наружной яремными венами) в постнатальном онтогенезе. В венозном русле головы описаны кавернозные, межкавернозные и циркулярный синусы, анастомозы между ветвями наружной яремной вены, лицевыми венами, тонкие анастомозы между эпидуральной веной и кавернозными синусами. Впервые выявлены и уточнены видовые анатомические особенности ветвления, топографии, строения бассейнов краниальной, каудальной полых вен и воротной системы. Установлено наличие вентрального шейного венозного сплетения и четырех венозных коллекторов: дорсального, венролатерального, поясничного и тазового. Впервые описана архитектоника эпидуральной вены байкальской нерпы, возрастные изменения ее морфометрических показателей и анатомических и корреляционных связей с вентральным шейным сплетением, непарной веной и коллекторами. В грудных и тазовых конечностях (ластах) отмечены венозные чудесные сети и артериовенозные анастомозы, которые принимают участие в терморегуляции и также в перераспределении крови при нырянии. У байкальской нерпы получены новые сведения о гистологической структуре стенки краниальной и каудальной полых, непарной вен, диафрагмального сфинктера, позволяющие подчеркнуть их роль в адаптации сосудов к погружению.

Выявленные анатомические особенности и корреляционные связи между морфометрическими показателями сосудистого русла байкальской нерпы отражают его адаптивные возможности.

С помощью дискриминантного анализа выявлены наиболее значимые возрастные морфометрические параметры артериального и венозного русла байкальской нерпы. Разработан алгоритм определения возрастной группы на основе полученных дискриминантных функций (заявка на изобретение регистрационный номер 2025136648 от 26.01.25).

При помощи рентгенографии и УЗИ с доплеровским картированием определены ультрасонографические характеристики основных кровеносных сосудов байкальской нерпы в норме.

На основании результатов проведенных исследований разработаны инъекционные доступы (опубликованы научно-методические рекомендации «Ультразвуковые исследования кровеносных сосудов байкальской нерпы»).

Теоретическая и практическая значимость работы. Полученные результаты исследования артериальных и венозных магистралей большого круга кровообращения у байкальской нерпы значительно обогащают и дополняют сведения по морфологии сосудистого русла представителей семейства настоящие тюлени. Описанные особенности макро- и микроструктурной организации кровеносного русла байкальской нерпы могут служить основой для адекватной интерпретации функциональных адаптаций тюленей к водному образу жизни.

Полученные результаты используются в научных целях для экспериментальных, функциональных исследований; в учебном процессе при чтении лекций, лабораторно-практических занятий, повышении квалификации специалистов биологического и ветеринарного профилей. Также новые данные о строении, топографии кровеносных сосудов могут быть использованы при написании учебников, монографий, справочников и руководств по возрастной морфологии экзотических животных. Выявленные особенности строения, топографии артерий и вен применяются при клинических (диагностике, лечении и

профилактике заболеваний) и патологоанатомических исследованиях, в том числе при судебно-ветеринарной экспертизе, как байкальской нерпы, так и других ластоногих.

Способ определения возрастной группы у байкальской нерпы на основе полученных дискриминантных функций артериального русла (заявка на изобретение регистрационный номер 2025136648 от 26.01.25) может быть использован в судебной ветеринарной медицине и научных целях.

Описанные ультрасонографические характеристики кровеносного русла байкальской нерпы используются при диагностике и лечении, в том числе хирургическом. В настоящее время в ветеринарных клиниках и при диспансеризации зверей в нерпинариях Иркутской области уже применяются наши сведения о точках сосудистого доступа у байкальской нерпы.

Методология и методы исследования. Методология основывалась на анализе российских и иностранных научных трудов в области изучения анатомических и физиологических особенностей кровеносного русла наземных хищников и морских млекопитающих. Для установления возрастных морфологических особенностей архитектоники и строения артериальных и венозных магистралей байкальской нерпы, морфометрических показателей был использован комплексный методический подход, включающий анатомические, гистологические, макро- и микроморфометрические, статистические методы, а также метод ультразвуковой диагностики (УЗИ) с доплерографическим картированием и рентгенография.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Видовые и возрастные анатомические особенности артерий большого круга кровообращения байкальской нерпы заключаются в архитектонике, увеличении их морфометрических показателей и разных темпах роста, микроструктуре их стенки, что отражает их адаптацию к полуводному образу жизни.

2. Изменения в микро- и макроанатомии вен большого круга кровообращения байкальской нерпы проявляются в особенностях хода, топографии, ветвления и анастомозирования, как между венами, так и с артериальными сосудами, образовании венозных сплетений и коллекторов, служащих для перераспределения циркулирующей крови во время погружений.

3. Дискриминантный анализ морфометрических показателей артериального и венозного русла у байкальской нерпы позволяет определить возрастную группу отдельной особи.

4. Ультрасонографические характеристики основных артерий и вен в норме у байкальской нерпы позволяют оценить состояние ее сосудистого русла и имеют высокую значимость при диагностике и лечении заболеваний.

Степень достоверности и апробация результатов. Применение морфологических, гистологических, морфометрических и современных клинических методов исследования дает основание считать полученные результаты достоверными, что подтверждают статистический анализ и интерпретация данных с использованием программного обеспечения «Statistica 12». Для выявления статистически значимых различий количественных макро- и микроморфометрических характеристик сосудов применяли критерии Стьюдента, Манна-Уитни, для изучения корреляционных связей – коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$. Разработан алгоритм определения возраста при помощи дискриминантного анализа и функций классификации для каждой возрастной группы по показателям артериального и венозного русла.

Результаты диссертационной работы доложены и обсуждены на конференциях различного уровня: Международная конференция «Пресноводные экосистемы – современные вызовы» (г. Иркутск, 10–14 сентября 2018 г.); XV Конгресс Международной ассоциации морфологов (г. Ханты-Мансийск, 21–22 октября 2020 г.); VII Международная Верещагинская Байкальская конференция (г. Иркутск, 7–13 сентября 2020 г.); XI Международная конференция «Морские млекопитающие Голарктики» (г. Москва, 01–05 мая 2021 г.); XI Международная научно-практическая конференция (г. Иркутск, 28–29 апреля 2022 г.); VIII Всероссийская (национальная) научная конференция с международным участием (г. Новосибирск, 20 декабря

2023 г.); Международная научно-практическая конференция «Развитие агропромышленного комплекса в науке и образовании Российской Федерации в период цифровизации» (г. Екатеринбург, 18–21 сентября 2024 г.); XIII Международная научно-практическая конференция, посвященная 90-летию ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского» (п. Молодежный, 25–26 апреля 2024 г.); Международная научно-практическая конференция, посвященная 85-летию доктора ветеринарных наук, профессора, заслуженного деятеля науки Российской Федерации Тарнуева Юрия Абогоевича (г. Улан-Удэ, 14–16 июля 2024 г.); XIV Международная научно-практическая конференция, посвященная 80-летию Победы в Великой Отечественной войне (п. Молодежный, 24–25 апреля 2025 г.); IX Всероссийский съезд анатомов, гистологов и эмбриологов России с международным участием «Фундаментальная и прикладная морфология в XXI веке» (г. Оренбург, 28-30 мая 2025 г.); VIII Международная Верещагинская Байкальская конференция (г. Иркутск, 8-14 сентября 2025 г.); Международный научно-практический симпозиум «Актуальные вопросы прикладной морфологии» (г. Москва, 20 марта 2026 г.).

Материалы диссертационной работы используются в учебном процессе и научно-исследовательской работе кафедр ФГБОУ ВО Омский ГАУ, ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ, ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ, ФГБОУ ВО СПбГУВМ, ФГБОУ ВО Уральский ГАУ, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, ФГАОУ ВО ТюмГУ. Результаты исследования внедрены в работу ветеринарных клиник «Еховет» и «Байкальская легенда» города Иркутска, а также используются при диспансеризации и лечении байкальских нерп из нерпинариев ООО «Аквариум Байкальской Нерпы».

Личный вклад соискателя. Диссертационная работа является результатом исследований соискателя с 2014 по 2025 г. Личный вклад автора состоит в непосредственном участии на всех этапах диссертационного исследования: анализе литературы по проблеме исследования, постановке цели и задач, отборе материала (в том числе, во время экспедиций по озеру Байкал), в проведении исследований, статистическом анализе и интерпретации полученных результатов, при подготовке научных публикаций, написании текста диссертации и автореферата. Автором освоены и использованы как классические методы исследований (анатомическое препарирование, гистологические, изготовление коррозионных препаратов) так и современные, в частности УЗИ с доплеровским картированием, рентгенография. Проведена статистическая обработка полученных результатов при помощи современных статистических методов. Диссертация иллюстрирована большим количеством таблиц и высококачественных иллюстраций. Доля участия соискателя при выполнении работы составляет 90%.

Публикации результатов исследований.

Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 39 научных работах, в том числе 16 работ в журналах, включенных в перечень Российских рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ, соответствующих научной специальности «4.2.1 Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология» («Вестник КрасГАУ» «К1» – 1; «Ученые записки Казанской академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана» «К1» – 1; «Известия Оренбургского государственного аграрного университета» «К2» – 1; «Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова» «К2» – 1; «Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии» «К2» – 3; «Вестник Омского государственного аграрного университета» «К2» – 1; «Ишология и ветеринария» «К3» – 5, «Морфология» «К2» – 3) и 4 статьи в научных изданиях, включенных в международные реферативные базы данных и системы цитирования (Scopus, WoS (SCIE)), («Кардиология» Q4 – 1; Turkish Journal of Zoology Q3 – 1; Зоологический журнал Q4 – 1; Biology Bulletin Q4 – 1). Изданы 2 учебных пособия, научно-методические рекомендации (1).

Одна заявка на патент прошла формальную экспертизу (№2025136648 от 26.01.2026), 2 заявки на патент (№ 2026107655 от 23.03.2026 и № 2026107657 от 23.03.2026) и база данных находятся на рассмотрении.

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа изложена на 415 страницах машинописного текста (без учета приложений), иллюстрирована 140 рисунками и 42 таблицами и состоит из введения, списка сокращений, обзора литературы, собственных исследований и их обсуждения, заключения, списка литературы и приложения. Список литературы включает 538 источников, из них 331 – зарубежный.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В обзоре представлена краткая морфофункциональная характеристика байкальской нерпы и результаты анализа данных научной литературы о ходе, ветвлении и строении стенки основных артериальных и венозных сосудов у наземных хищников (кошки, собаки, лисы, соболя и других), а также у представителей морских млекопитающих и ластоногих. Также освещены вопросы адаптации морских млекопитающих и ластоногих к глубоководному погружению.

2 СОБСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Материалы и методы исследования

Собственные исследования проводились в период с 2014 по 2025 гг. на кафедре морфологии животных и ветеринарной санитарии, в учебной научно-исследовательской лаборатории «Диагностика и патоморфология животных» ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского». Работа выполнялась в рамках научных программ: «Изучение морфогенеза органов, а также неинфекционных патологий организма байкальской нерпы на 2015 г.» (утверждена приказом Федерального агентства по рыболовству №79 от 17.07.2014 г.); научно-исследовательских опытно-конструкторских разработок (НИОКР) № 114121670040 «Морфогенез органов байкальской нерпы (*Phoca sibirica* Gmelin, 1798) в различные периоды онтогенеза» (учредитель программы Министерство сельского хозяйства РФ; зарегистрирована 16.12.2014, сроки выполнения 16.12.14 – 09.12.2019); научно-исследовательских опытно-конструкторских и технологических разработок (НИОКТР) № АААА-А17-117051110190-5 «Морфогенез органов байкальской нерпы (*Phoca sibirica* Gmelin, 1798) в различные периоды онтогенеза» (учредитель программы Министерство сельского хозяйства РФ; зарегистрирована от 11.05.2017), а также НИОКТР № АААА-А20-120090890004-7 «Морфогенез органов байкальской нерпы в различные периоды онтогенеза в норме и при патологии» (учредитель программы Министерство сельского хозяйства РФ; дата постановки на учет 08.09.2020, сроки выполнения 16.09.2019-20.09.2024).

Результаты собственных исследований, представленные в диссертации, выполнены при частичной финансовой поддержке Фонда поддержки прикладных экологических разработок и исследований «Озеро Байкал» проекта «Байкальская инициатива». Соглашение о предоставлении грантовой поддержки № ФОБ 02-3/19 от 11 февраля 2020 г. проекту «Исследование сердечнососудистой системы байкальской нерпы в норме и при патологии» под руководством Аникиенко И.В. Большой фрагмент исследований был выполнен по договору о научном сотрудничестве №20-2021 от 11.01.21 с ФГБНУ «Байкальский музей Сибирского отделения Российской академии наук» (БМ СО РАН).

Объектом исследования являлась байкальская нерпа (*Phoca sibirica* Gmelin, 1798). Согласно определению в ГОСТ Р 56928-2016 «Животные непродуктивные. Термины и определения» нерпа является непродуктивным животным. Исследовались дикие нерпы разных возрастов, добытые по разрешениям на добычу (вылов) в научно-исследовательских целях № 032015031172 (2015 г), № 032021031373 (2021 г), № 0320220311974 (2022 г) и № 0320250314741 (2025 г) (оз. Байкал в административных границах Республики Бурятия). Отлов животных осуществлялся крупноячеистыми капроновыми сетями. Во время экспедиций в 2021, 2022 и 2025 гг. в работе было использовано оборудование Центра коллективного пользования «Научно-экспедиционный центр Байкал» (<https://ckp-rf.ru/catalog/ckp/3213559>). Также исследованию подвергались погибшие особи байкальской нерпы из нерпинариев ООО

«Аквариум байкальской нерпы» и с акватории оз. Байкал, доставленные в ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ для установления причины смерти (в том числе при массовой гибели в конце октября 2017 года).

Прижизненные исследования байкальской нерпы осуществлялось в ходе диспансеризации в нерпинариях ООО «Аквариум байкальской нерпы» (г. Иркутск, пос. Листвянка Иркутского района Иркутской области). В условиях диспансеризации возраст нерп определялся по индивидуальным карточкам животных.

Материалом для исследования являлись артериальные и венозные магистральные сосуды, коррозионные препараты, фрагменты органов и частей тела нерп. Дизайн исследования и распределение животных по возрастным группам представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Дизайн исследования и количество исследованных животных

Методы исследования	Анатомическое препарирование артериальных и венозных сосудов*	Анатомическое препарирование артериальных и венозных сосудов с инъекцией монтажной пеной**	Гистологическое исследование артериальных и венозных сосудов	Ультразвуковое исследование (нерпы из нерпинария при жизни)
Возрастные группы				
Новорожденные (1-2 суток)	n = 3	n = 4 (3, 4)	n = 4 (3, 4)	-
Бельки (2-3 недели)	n = 3	n = 5 (4, 4)	n = 4 (3, 4)	-
Сеголетки (от 1 месяца до 1 года)	n = 5 (3)	n = 17 (10, 10)	n = 10 (10, 10)	n = 5
Неполовозрелые нерпы (от 1 года до 4 лет)	n = 5 (3)	n = 18 (10, 10)	n = 10 (10, 10)	n = 5
Половозрелые нерпы (от 4 лет и старше)	n = 5 (3)	n = 17 (10, 10)	n = 10 (10, 10)	n = 5
Всего	21 (9)	61 (37, 38)	38 (37, 38)	15
Итого		120		15

Примечание: * – в скобках указано количество животных, у которых после анатомического препарирования проводили рентгенографию артериальных и венозных сосудов; ** – в скобках указано количество нерп, у которых до инъекции сосудов монтажной пеной проводили морфометрию сосудов

Аутопсия туш байкальской нерпы проводилась в секционном зале кафедры морфологии животных и ветеринарной санитарии. Вскрытие проводили согласно требованиям ГОСТ Р 57547-2017 «Услуги для непродуктивных животных. Патологоанатомическое исследование трупов непродуктивных животных. Общие требования» после появления первых трупных изменений (охлаждение, окоченение) или после констатации факта наступления биологической смерти.

Каждая нерпа подвергалась внешнему осмотру, определялся пол, животных измеряли и взвешивали с точностью до 1 см и 1 кг, соответственно. Возраст нерп определяли по роговым валикам на когтях (Чапский К.К., 1952; Тихомиров Э.А., Клевезаль Г.А., 1964), а также по кольцам дентина и цемента на спице основания клыка (Клевезаль Г.А. и др., 1991; Клевезаль Г.А., Клейненберг С.Е., 1967; Amano M. et al., 2000). После снятия подкожного слоя жира с кожно-волосным покровом производили разрез по белой линии живота от мечевидного отростка до симфиза седалищных костей, а для доступа к грудной полости – по реберным хрящам вдоль грудной кости с помощью реберных ножниц. Затем осуществляли полную эвисцерацию по методу В.Г. Шора (1971) (В.И. Балабанова и А.А. Кудряшов, 2022). Данные вскрытия заносились в первичный журнал (ГОСТ Р 57547-2017). Для изучения архитектоники артериальных и венозных сосудов применяли анатомическое препарирование с

предварительной инъекцией монтажной противопожарной пеной по методикам разработанным автором (заявки на патент РФ № 2026107655 от 23.03.2026 (Рядинская Н.И. и др.) и № 2026107657 от 23.03.2026 (Аникиенко И.В., Рядинская Н.И.)). Монтажную пену вводили при помощи монтажного пистолета или трубочки, идущей в комплекте с баллоном монтажной пены, а также полипропиленового переходника. Для введения пены на стенке сосудов или желудочках сердца производили разрез равный диаметру переходника. Артериальные сосуды наливали через брюшную аорту, дугу аорты или левый желудочек сердца, венозные сосуды через воротную и каудальную полую вены, эпидуральную вену, правый желудочек сердца, также проводили наливку отдельных артерий и вен (например, в конечностях). Наливку сосудов у новорожденных нерп проводили через пупочные артерии и вену. Для получения коррозионных препаратов ткани органов удаляли раствором щелочи (NaOH; ЗАО «Реактив», Россия) высокой концентрации с последующей промывкой горячей (90-100 °С), а затем холодной проточной водой.

Для исследования архитектоники сосудов также использовали рентгенографию на аппарате «Portable X-Ray Unit» (модель Porta 100HF, Япония). Сосуды предварительно наливали контрастной массой, состоящей на 30% из свинцовых белил и на 70% из скипидара.

Морфометрические исследования сосудов выполняли на нативном материале (нефиксированных тушах нерп без инъекции сосудов пенополиуретановым герметиком) при помощи сантиметровой ленты и цифрового штангенциркуля («Saikedigital», Китай).

Материал для гистологических исследований фиксировали в 10% нейтральном забуференном формалине. После проводки в изопропиловом спирте в течение двух суток, материал заливали в парафин с температурой плавления 52-54 °С (гомогенизированная парафиновая среда HISTOMIX, «БиоВитрум», Россия) или 54-56 °С (парафин LTB, ООО «Лабтехбио», Россия). Серийные срезы толщиной 5–8 мкм изготавливали на микротоме “МЗП-01 ТЕХНОМ” (ООО “КБ Техном”, Россия). Далее микросрезы депарафинизировали и окрашивали как при помощи готовых наборов красителей, так и растворов изготовленных самостоятельно (ООО «БиоВитрум», ООО «Лабтехбио», ООО «ЛабТехКомплект»; ООО АО «РЕАХИМ»; «ИНТЕРХИМ» (Россия)). Окрашивание проводили по прописям, описанным в литературе (Лилли Р., 1969; Автандилов Г.Г., 1998; Мавликеев М.О. и др., 2020). В качестве обзорного окрашивания использовали окрашивание гематоксилином и эозином по Эрлиху. Для выявления в сосудах и тканях эластических волокон применяли орсеин. Окрашивание по Маллори проводили для выявления коллагеновых волокон. Также гистологические срезы подвергали комбинированному окрашиванию по Вейгерту и Ван-Гизону (окрашивание эластических и коллагеновых волокон, ядер клеток). После обезвоживания и просветления, окрашенные срезы заключали в монтирующую среду Витрогель. Исследование гистологических срезов проводили на микроскопе «Микмед-6» (АО «Ломо», Россия). Для микроскопии были использованы окуляры $\times 10$, $\times 15$ и объективы $\times 4$, $\times 10$, $\times 40$, $\times 100$. Морфометрию срезов проводили при помощи цифровой камеры Levenhuk M800 PLUS и программы «LevenhukLite» для анализа срезов по методике, предложенной Автандиловым Г.Г. (1990), вычислялось среднее значение, полученное при измерении в 30 полях зрения. Фотографирование осуществлялось при помощи цифровых камер для микроскопа «Levenhuk M800 PLUS» и «OlympusUC30» при помощи программ «LevenhukLite» и «CellSens Entry 1.11».

Ультразвуковое исследование проводили на аппаратах «Arogee 5500» (SIUI, Китай) при помощи датчиков с частотами 1,7-4,0 МГц, 4,5-7,5 МГц с цветным доплеровским картированием, «Mindray DC-3» с микроконвексным датчиком «6C2» с частотой 3,5-5,0 МГц, а также «Mindray DP-50 VET» с конвексным датчиком «35C50EA» с частотой 3,5-5,0 МГц (Mindray, Китай). При исследовании датчики перемещали с небольшой компрессией по поверхности тела нерп под углом от 35° до 90°.

Статистическую обработку проводили с помощью пакета программ “Statistica 12.0”. Значимость расхождения данных в сравниваемых группах оценивали с учетом характера распределения переменных. Сравнение средних значений количественных, нормально распределенных признаков проводили с помощью t-тестов (для независимых и зависимых

переменных). В тексте представлены результаты в виде средней арифметической (M) и стандартной ошибки средней (SEM). В случае, когда изучаемые показатели не отвечали нормальному закону распределения вероятностей и для малых выборок, для проверки статистических гипотез применяли непараметрический метод Манна-Уитни. Данные представляли в виде медианы с верхним и нижним квартилями (25-й и 75-й процентиля). Для изучения корреляционных связей применяли коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$. Также использовали многомерные методы дискриминантного и канонического анализа.

Наименования анатомических и гистологических структурных частей даны по международной номенклатуре: *Nomina anatomica veterinaria* (2022) (Зеленевский Н.В., 2022), *Nomina histologica veterinaria* (2017), *Nomina embriologica veterinaria* (2017).

2.2 Результаты собственных исследований и их анализ

2.2.1 Артериальное русло

2.2.1.1 Аорта

Основная артериальная магистраль – аорта у новорожденных нерп имеет длину $24,53 \pm 1,50$ см. У бельков она достоверно длиннее в 1,36 раза, у сеголеток – в 1,68 раза, у неполовозрелых нерп – в 2,07 раза, а у половозрелых нерп – в 2,74 раза в сравнении с новорожденными нерпами. Аорта байкальской нерпы, выходя из левого желудочка и направляясь краниально, имеет значительное расширение корня аорты – синус аорты, расположенный в месте выпячивания стенки сосуда, соответствующего створкам полулунных клапанов аорты. Расширение синуса аорты было максимальным у половозрелых нерп ($30,29 \pm 1,60$ мм) в сравнении с остальными группами.

Затем аорта байкальской нерпы сужается и на расстоянии $6,81 \pm 0,20$ мм у новорожденных, $14,13 \pm 0,82$ мм у бельков, $14,49 \pm 1,51$ мм у сеголеток, $17,72 \pm 0,80$ см у неполовозрелых и $15,74 \pm 0,71$ мм у половозрелых нерп сохраняет свой диаметр почти неизменным. В последующем аорта начинает постепенно увеличиваться и на уровне 4-6 грудных позвонков имеет максимальный диаметр, формируя ампулообразное расширение. Диаметр ампулообразного расширения аорты достоверно увеличивается с возрастом и достигает максимального значения у половозрелых нерп – $43,25 \pm 2,02$ мм. Таким образом, у байкальской нерпы мы отметили два выраженных расширения аорты, непосредственно в месте выхода из сердца – синус аорты и через $9,11$ – $91,02$ мм (в зависимости от возраста) от основания аорты – ампулообразное расширение или «луковица» аорты. При анализе корреляционных связей между морфометрическими показателями дуги аорты (корнем аорты, а также максимальным и минимальным диаметрами дуги аорты), возрастом и массой тела нерп были установлены определенные связи, характерные для каждой возрастной группы (таблица 2). Как видно из данных таблицы наибольшее количество сильных положительных связей между морфометрическими показателями дуги аорты, возрастом и массой отмечалось у сеголеток, что объясняется интенсивным ростом массы тела и развитием навыков ныряния. У неполовозрелых нерп отмечались сильные положительные связи диаметра луковицы аорты с возрастом и с массой тела, что отражает значимость указанного показателя в данной группе. У половозрелых нерп сильные положительные связи были между морфометрическими показателями дуги и возрастом, диаметром луковицы аорты и массой тела. Умеренные положительные связи наблюдались между массой тела и диаметрами основания аорты и аорты после отхождения левой подключичной артерии.

Аорта нерпы между 3-5 грудными позвонками наклоняется под углом около 90° и направляется влево. У некоторых животных она может направляться краниолатерально. У байкальской нерпы дуга аорты перед отхождением плечеголовной артерии уменьшается по диаметру во всех возрастных группах. У новорожденных и неполовозрелых нерп аорта в данном участке достоверно уменьшается в 1,16 раза, у половозрелых в 1,26 раза, у бельков в 1,29 раза, а у сеголеток в 1,31 раза в сравнении с луковицей аорты. Следует отметить, что у новорожденных минимальный диаметр дуги аорты отмечается в участке после отхождения

левой сонной артерии, а далее остается неизменным, у неполовозрелых животных – перед отхождением левой подключичной артерии, а у бельков, сеголеток и половозрелых нерп – после отхождения левой подключичной артерии.

Таблица 2 – Характер корреляционной связи между морфометрическими показателями дуги аорты, массой тела и возрастом нерп

Показатели корреляции (диаметр)	Масса тела	Возраст
Новорожденные нерпы		
Основание аорты (d ₂)	—	0,86
Ампулообразное расширение аорты (d ₃)	—	0,86
Аорта после отхождения левой сонной артерии (d ₇)	—	0,86
Бельки		
Основание аорты (d ₂)	0,90	0,89
Ампулообразное расширение аорты (d ₃)	—	0,89
Аорта после отхождения левой подключичной артерии (d ₉)	0,97	0,92
Сеголетки		
Основание аорты (d ₂)	0,99	0,97
Ампулообразное расширение аорты (d ₃)	0,99	0,96
Аорта после отхождения левой подключичной артерии (d ₉)	0,84	0,78
Неполовозрелые нерпы		
Ампулообразное расширение аорты (d ₃)	0,95	0,99
Половозрелые нерпы		
Основание аорты (d ₂)	0,64	0,84
Ампулообразное расширение аорты (d ₃)	0,83	0,96
Аорта после отхождения левой подключичной артерии (d ₉)	0,66	0,83

Примечание: уровень значимости коэффициента корреляции Спирмена $p < 0,05$

Нами отмечено, что у новорожденных после отхождения левой подключичной артерии от дуги аорты в каудальном направлении отходит Боталлов (артериальный) проток, который еще не закрыт и функционирует в течение первых двух суток. Длина артериального протока составляла $32,21 \pm 2,43$ мм, а диаметр – $5,51 \pm 0,38$ мм. В то же время важно отметить, что возрастной период от двух дней до двух недель в настоящем исследовании отсутствует, поэтому о зарастании протока в этот период мы не можем утверждать. Тем более, что по данным Dennison S. при исследовании здоровых новорожденных щенков обыкновенного тюленя проходимость овального отверстия сохраняется до 7-недельного, а артериального (Боталлова) протока до 6-недельного возраста, что гораздо длительнее чем у наземных млекопитающих (Dennison S., 2011). У бельков, сеголеток, неполовозрелых и половозрелых нерп происходит зарастание артериального протока и формируется мощная артериальная связка диаметром от 3 до 6 мм (в зависимости от возраста), соединяющая аорту и легочный ствол.

После отхождения левой подключичной артерии, аорта у новорожденных, бельков и сеголеток на уровне 2-3 грудных позвонков, а у неполовозрелых и половозрелых животных – на уровне 4-5, резко делает поворот в каудальном направлении на 90° и идет вдоль позвоночного столба слева от него уже как грудная аорта. Диаметр грудной аорты у новорожденных нерп и бельков в ее начале и перед диафрагмой достоверно не отличался. В то время как у сеголеток, неполовозрелых и половозрелых нерп диаметр грудной аорты перед диафрагмой был достоверно ниже ($p < 0,05$), чем в начале (рисунок 1). Грудная аорта байкальской нерпы на уровне 4-7 межреберья (независимо от возраста) отдает бронхопищеводную артерию диаметром у новорожденных $0,89 \pm 0,11$ мм, у бельков – $1,12 \pm 0,09$ мм, у сеголеток – $2,40 \pm 0,12$ мм, у неполовозрелых – $3,38 \pm 0,03$ мм и у половозрелых нерп – $3,63 \pm 0,05$ мм. Бронхопищеводная артерия имеет четыре варианта ветвления: при первом варианте – она разветвляется по рассыпному типу на две крупные ветви и несколько мелких артерий; при втором – по магистральному типу, где длинный ствол по своему ходу отдает ветви на пищевод, стенку грудной аорты и на бронхи.

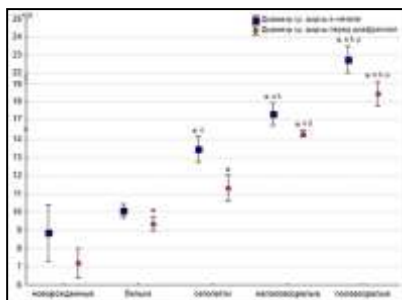


Рисунок 1 – Диаметр грудной аорты байкальской нерпы в начале и перед диафрагмой в возрастном аспекте

Примечание: * – $p < 0,05$ достоверность различий по сравнению с показателями у новорожденных нерп; ⁿ – $p < 0,05$ достоверность различий по сравнению с показателями у бельков; ^k – $p < 0,05$ достоверность различий по сравнению с показателями у сеголеток; ^m – $p < 0,05$ достоверность различий по сравнению с показателями у неполовозрелых нерп

При третьем – от бронхопищеводной артерии отходят левая и правая пищеводные артерии, а в области бифуркации трахеи ветви на трахею и бронхи; при четвертом – бронхопищеводная артерия отделяет в краниальном и каудальном направлении два сосуда, каждый из которых в указанном направлении отделяет сосуды на пищевод и на бронхи. У байкальской нерпы мы наблюдали также случай отхождения бронхопищеводной артерии от основания левой сонной артерии общим стволом, бифуркационно делящимся на пищевод и бронхи.

От аорты байкальской нерпы отходит 11 (редко 12) пар дорсальных межреберных артерий. Грудная аорта дорсально отдает первые межреберные артерии на уровне 4-6 межреберья. Диаметр межреберных артерий первой – одиннадцатой пар у новорожденных варьировал от $0,80 \pm 0,06$ мм до $1,63 \pm 0,12$ мм, у бельков от $1,22 \pm 0,07$ мм до $2,59 \pm 0,18$ мм, у сеголеток от $2,05 \pm 0,09$ мм до $2,83 \pm 0,09$ мм, у неполовозрелых от $2,67 \pm 0,10$ мм до $3,57 \pm 0,14$ мм и у половозрелых от $3,16 \pm 0,32$ мм до $6,15 \pm 0,41$ мм. При этом достоверные отличия между диаметрами артерий и расстояниями между ними с правой и левой сторон не были обнаружены.

Брюшная аорта байкальской нерпы начинается на уровне первого поясничного позвонка в месте формирования аортального отверстия ножками диафрагмы. Первой париетальной ветвью брюшной аорты байкальской нерпы является каудальная диафрагмальная артерия, которая отходит одним сосудом и разделяется через 2,15-11,42 мм у животных разных возрастов на две крупные ветви, следующие вправо и влево в соответствующие ножки диафрагмы. Каудальная диафрагмальная артерия в большинстве случаев отходит у байкальской нерпы самостоятельно, но наблюдались отдельные случаи ее отхождения от чревной артерии (2 случая из 37) (рисунок 2). Такие висцеральные ветви брюшной аорты, как чревная и краниальная брыжеечная артерии, имеют множество вариантов ветвления, встречающихся и у наземных хищников.

После краниальной брыжеечной артерии от брюшной аорты отходят такие висцеральные сосуды как парные надпочечниковые и почечные артерии. Как диаметр, так и длина почечных артерий увеличиваются с возрастом. Каудальная брыжеечная артерия еще один висцеральный сосуд брюшной аорты, который отходит от нее до входа в тазовую полость и лежит либо на середине между почечными и глубокими окружными подвздошными артериями или близко к последним. Диаметр каудальной брыжеечной у новорожденных составлял $1,73 \pm 0,21$ мм, у бельков $2,28 \pm 0,25$ мм, у сеголеток $2,97 \pm 0,13$ мм, у неполовозрелых $3,90 \pm 0,16$ мм и у половозрелых нерп $5,43 \pm 0,16$ мм. Каудальная брыжеечная артерия отдает левую ободочную и краниальную прямокишечную артерии, кровоснабжающие соответствующие участки толстой кишки.

От брюшной аорты байкальской нерпы также отходят парные висцеральные семенниковые (у самцов) или яичниковые артерии (у самок). У нерпы мы находили отличия в месте отхождения указанных артерий, они могли отходить практически на одном уровне с каудальной брыжеечной артерией или отделяться после глубоких окружных подвздошных артерий.

Латерально от брюшной аорты у байкальской нерпы отделяются ее парные париетальные ветви – глубокие окружные подвздошные артерии. Данные сосуды очень мощные у байкальской нерпы и имеют диаметр и длину с правой стороны от $1,48 \pm 0,11$

диаметр у новорожденных $2,78 \pm 0,37$ мм, у бельков – $3,71 \pm 0,11$ мм, у сеголеток – $4,62 \pm 0,15$ мм, у неполовозрелых – $5,22 \pm 0,09$ мм и у половозрелых животных – $7,40 \pm 0,53$ мм.

У новорожденных нерп кроме указанных сосудов брюшная аорта вентрально на уровне последнего поясничного или первого крестцового позвонков отдает две пупочные артерии диаметром справа и слева $3,32 \pm 0,58$ мм и $2,92 \pm 0,57$ мм, несущие смешанную артериально-венозную кровь и направляющиеся к пупочному отверстию.

Стенка дуги аорты байкальской нерпы, как восходящей, так и нисходящей ее частей, имеет гистологические особенности характерные для сосудов эластического типа. Брюшная аорта нерпы имеет признаки сосуда мышечно-эластического типа. В стенке аорты хорошо выражены три слоя: интима, медиа и адвентиция. У новорожденных нерп толщина стенки аорты была одинакова в ее основании, в ампулообразном расширении и в месте отхождения от нее левой сонной артерии. Снижение толщины стенки аорты в 1,43 раза отмечалось в начале грудной аорты, а затем в 2,04 раза в брюшной аорте на уровне отхождения почечных артерий в сравнении с основанием аорты. Важно отметить, что в большей степени это связано с изменением толщины средней оболочки аорты новорожденных.

В остальных возрастных группах, включая бельков, наибольшая толщина стенки отмечалась в основании и луковице аорты, затем перед отхождением левой сонной артерии она достоверно снижалась. В то же время у бельков далее толщина стенки аорты достоверно не изменялась, а у сеголеток, неполовозрелых и половозрелых нерп минимальная толщина стенки аорты отмечалась в начальной части грудной аорты. При этом толщина стенки аорты в указанном участке сеголеток, неполовозрелых и половозрелых нерп достоверно не отличалась от толщины стенки грудной аорты, расположенной перед диафрагмой, и от брюшной аорты. В стенке дуги аорты новорожденных и бельков эластические волокна прерывистые, коллагеновые волокна рыхлые, а гладкие мышечные клетки лежат поодиночке, в то время как в остальных возрастных группах они лежат более плотно, формируя пластинчатые единицы (рисунок 3). Среднее количество эластических волокон в корне и луковице аорты выше, чем в остальных исследуемых участках аорты. Микрососуды (*vasa vasorum interna*) средней оболочки восходящей части аорты доходят практически до интимы.

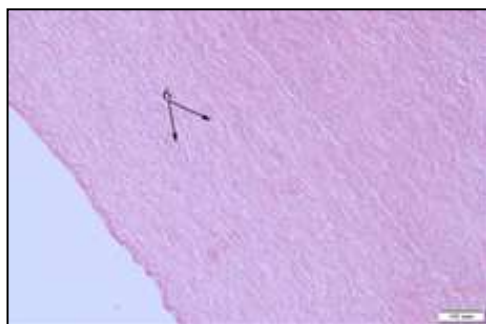


Рисунок 3 – Микроструктура ампулообразного расширения аорты байкальской нерпы (самец, возраст 4⁺ года, окраска орсеином (интима и часть медиа)): б – эластические волокна.

2.2.1.2 Плечеголовной ствол

У байкальской нерпы от дуги аорты отделяются три сосуда, справа – плечеголовная артерия, слева – левая общая сонная артерия и левая подключичная артерия. Правая плечеголовная артерия, отдав правую общую сонную артерию, следует как правая подключичная артерия, которая отделяет следующие ветви: реберно-шейный ствол, плечешейную, внутреннюю грудную и наружную грудную артерии. Левая общая сонная артерия является второй ветвью дуги аорты. Левая и правая общие сонные артерии у байкальской нерпы отдают глубокие шейные артерии, как и реберно-шейный ствол. Третьей ветвью дуги аорты отходит левая подключичная артерия, от нее первым отделяется короткий реберно-шейный ствол, мощная плечешейная артерия, внутренняя грудная и наружная грудная артерии.

Диаметры ветвей плечевого ствола у байкальской нерпы увеличиваются с возрастом, за исключением диаметра наружной грудной артерии правой стороны, который достоверно не изменялся.

Стенка плечевого, левой сонной и левой подключичной артерий имеет гистологическое строение характерное для сосудов эластического типа, имеющих медию с мощными эластическими пластинками, входящими в состав пластинчатых единиц. К мышечно-эластическим сосудам относятся правая подключичная и правая общая сонная артерии. К сосудам мышечного типа относятся такие ветви, как внутренняя грудная артерия, реберно-шейный ствол, плечешейная артерия, наружная грудная артерия обеих сторон дуги аорты. Правая и левая общие сонные артерии в их краниальной части также приобретают черты строения мышечных сосудов.

2.2.1.3 Артерии головы

У байкальской нерпы внутренняя сонная артерия проходит в барабанной полости в костном канале, в черепной полости при образовании Виллизиева круга – в желобе перекреста зрительных нервов. В формировании Виллизиева круга принимает участие базилярная артерия. От Виллизиева круга отделяются рострально две артерии самостоятельно или общим стволом. Первая ростральная артерия меньшего диаметра отдает ветви в лобную долю, к обонятельным луковицам и мозговым оболочкам. Вторая на уровне мозолистого тела направляется каудально, проходя между полушариями в продольной щели и кровоснабжает также мозговые оболочки и мозолистое тело. Диаметр указанного сосуда одинаков у новорожденных, бельков и сеголеток и достоверно увеличивается у неполовозрелых и половозрелых нерп (таблица 3).

Таблица 3 – Морфометрические показатели артерий (а.) каротидного бассейна головного мозга в возрастном онтогенезе

Диаметр, мм	Новорожденные	Бельки	Сеголетки	Неполовозрелые нерпы	Половозрелые нерпы
Внутренние сонные а.:					
справа	1,29±0,04	1,64±0,09*	2,16±0,08* ^т	2,42±0,05* ^{тк}	2,73±0,03* ^{ткп}
слева	1,35±0,03	1,68±0,06*	2,17±0,07* ^т	2,36±0,10* ^т	2,78±0,04* ^{ткп}
Ростральные соединительные а.:				1	
справа	1,46±0,02	1,52±0,03	1,78±0,03* ^т	,98±0,06* ^{тк}	2,14±0,07* ^{тк}
слева	1,20±0,04	1,34±0,04	1,52±0,03* ^т	1,69±0,04* ^{тк}	1,79±0,02* ^{ткп}
Аборальные соединительные а.:					
справа	1,25±0,02	1,45±0,02*	1,66±0,07*	1,78±0,05* ^т	1,85±0,04* ^{тк}
слева	1,50±0,05	1,53±0,02	1,52±0,03	1,64±0,03*	1,93±0,04* ^{ткп}
Ростральные а.:					
	0,74±0,04	0,78±0,05	0,81±0,04	0,88±0,04	0,91±0,03* ^т
	1,41±0,01	1,55±0,05*	1,58±0,02	1,71±0,02* ^{тк}	1,85±0,03* ^{ткп}
Латеральные а. от ростральных соединительных а. (справа и слева по два сосуда)					
	1,17±0,04	1,30±0,01	1,51±0,05* ^т	1,71±0,03* ^{тк}	1,93±0,04* ^{ткп}
	0,46±0,03	0,54±0,02	1,16±0,08* ^т	1,50±0,10* ^{тк}	1,64±0,07* ^{тк}
	0,88±0,04	1,01±0,04	1,26±0,07*	1,38±0,07* ^т	1,44±0,04* ^т
	1,46±0,06	1,65±0,05	1,07±0,07* ^т	1,16±0,06* ^т	1,70±0,05* ^{кп}
Латеральные а. от аборальных соединительных а. (справа и слева по два сосуда)					
	1,23±0,03	1,51±0,07	1,62±0,02 ^т	1,74±0,05	1,67±0,06* ^{кп}
	0,69±0,03	0,80±0,03	0,91±0,05	1,34±0,05* ^к	2,04±0,05* ^{кп}
	1,06±0,03	1,19±0,02*	1,23±0,04*	1,36±0,09	2,15±0,02* ^{ткп}
	0,71±0,02	0,84±0,02*	1,18±0,07* ^т	1,33±0,03 ^т	2,03±0,09* ^{ткп}

Примечание: * – $p < 0,05$ достоверность различий по сравнению с морфометрическими показателями у новорожденных нерп; т – достоверность различий по сравнению с морфометрическими показателями у бельков; к – $p < 0,05$ достоверность различий по сравнению с морфометрическими показателями у сеголеток; п – $p < 0,05$ достоверность различий по сравнению с морфометрическими показателями у неполовозрелых нерп.

Латерально справа и слева от ростральной соединительной артерии сначала по базальной поверхности, а затем по латеральной, в области сильвиевой борозды отходят 2

(иногда 3) артерии, разветвляющиеся в бороздах больших полушарий. От аборальной соединительной артерии Виллизиева круга также отходят 2-3 ветви в височную область. Диаметр указанных сосудов значительно варьирует даже внутри возрастной группы.

Затылочная артерия может отходить как от наружных, так и от внутренних сонных артерий. Хорошо развиты артерии двубрюшного мускула. Мощная язычная артерия имеет прямой ход и в толще языка отдает сосуды по магистральному типу, из которых только последняя ветвь извитая. Ушная артерия отходит либо одним или двумя стволами, кровоснабжающими наружный слуховой проход и височный мускул. Глазничные артерии (ветви внутренней челюстной артерии) могут отходить двумя-тремя отдельными артериями. Они имеют множество ветвей: первая из них является оболочечной артерией, вторая – мышечной ветвью, питающей височный мускул и височно-челюстной сустав, третья – решетчатой артерией, а последующие – оплетают зрительный нерв. Верхнечелюстная артерия проходит по глазнице, затем через короткий верхнечелюстной канал и продолжается непосредственно в толще верхнечелюстной кости в узком подглазничном канале.

2.2.1.4 Артерии грудной конечности

У байкальской нерпы грудная конечность кровоснабжается подмышечной, а также плечевой артериями. Подмышечная артерия отдаёт две ветви: плечевую артерию и общий ствол грудоспинной и подлопаточной артерий.

Грудоспинная артерия кровоснабжает не только широчайшую, но и лопаточно-локтевую, подлопаточную, трёхглавую и зубчатую вентральную мышцы, грудную часть трапецивидной и ромбовидной мышц, а также подмышечный лимфатический узел. Подлопаточная артерия байкальской нерпы менее развита и отдаёт окружную плечевую латеральную артерию, общий ствол окружных лопаточных артерий и мышечные ветви, которые кровоснабжают трёхглавый мускул, большую круглую мышцу, подлопаточный мускул, заостную мышцу. Первой ветвью плечевой артерии является каудально направленная к локтевому отростку коллатеральная локтевая артерия, а второй – коллатеральная лучевая артерия. Плечевая артерия, отдав указанные сосуды, продолжается как срединная. Срединная артерия в проксимальном отделе предплечья отдает межкостные артерии и в области пясти следует как пястная артерия. У байкальской нерпы обнаружено два варианта ветвления пястной артерии: в первом случае пястная артерия делится по магистральному типу, во втором случае – по рассыпному типу.

2.2.1.5 Артерии тазовой конечности

Наружная подвздошная артерия нерпы отходит от общего ствола на уровне тазобедренного сустава. Первой ветвью наружной подвздошной артерии является мышечная ветвь, анастомозирующая с первой окружной глубокой подвздошной артерией. Второй ветвью она отдает каудальную бедренную артерию, которая ветвится в лонных и седалищных костях, питая наружные и внутренние запирающие мышцы. Диаметр каудальной бедренной артерии справа и слева у новорожденных и бельков был одинаков и составлял в указанных группах $1,61 \pm 0,21$ мм и $1,83 \pm 0,24$ мм, $1,88 \pm 0,13$ мм и $1,98 \pm 0,14$ мм соответственно. У сеголеток, неполовозрелых диаметр указанного сосуда правой и левой сторон увеличивался в сравнении с новорожденными и бельками, а у половозрелых нерп еще и в сравнении с сеголетками и неполовозрелыми нерпами. Каудальная бедренная артерия отдает вторую глубокую окружную подвздошную артерию. Нами отмечено, что у байкальской нерпы вторая глубокая окружная подвздошная артерия может отделяться и непосредственно от наружной подвздошной артерии. Важно отметить, что у байкальской нерпы в отличие от наземных хищников имеются две глубоких окружных подвздошных артерии справа и слева, кровоснабжающие мощные мышцы брюшных стенок. Бедренная артерия в области колена продолжается как подколенная артерия, которая в дистальном отделе диафиза большеберцовой кости делится на три сосуда: артерию сафена, заднюю и переднюю большеберцовые артерии. Артерия сафена

делится на две плюсовые артерии, которые отдают четыре специальные пальцевые артерии, разветвляющиеся в I-V пальцах (вторая артерия отдает ветви на II и III пальцы). Вокруг артерии сафена и плюсовых артерий формируется артериальная чудесная сеть (*rete mirabile*) их мелкими мышечными ветвями, анастомозирующими между собой и вливающимися обратно в указанные сосуды.

2.2.1.6 Дискриминантный анализ показателей артериального русла в возрастном аспекте

В итоговую модель дискриминации по показателям артериального русла вошли 11 переменных (таблица 4). Общий процент дискриминации составил 100%. Наибольший вклад в модель дискриминации вносила переменная «Диаметр печеночной артерии», имеющая меньшую статистику частной лямбды Уилкса (0,22). Как видно из таблицы, важное значение в разделении групп играют такие гистологические показатели сосудистой стенки как толщина меди и грудной аорты перед диафрагмой, количество эластических волокон в луковице аорты, а также толщина эластических волокон в аорте перед отхождением левой сонной артерии (а.). Мы полагаем, это связано с важной ролью данных структур в механизме погружения и последующего всплытия у нерп разного возраста.

Таблица 4 – Переменные итоговой модели дискриминации и статистика лямбда Уилкса (λ)

N=37 (кол-во нерп) Переменные в модели	Discriminant Function Analysis Summary Wilks' Lambda: 0,00007 approx. F (44,86)=22,090 p < 0,0000					
	Wilks' Лямбда	Частная Лямбда	F-remove (4,22)	p-value	Toler.	1-Toler. (R-Sqr.)
Диаметр печеночной а.	0,00	0,22	19,72	0,00	0,42	0,58
Диаметр правого реберно-шейного ствола	0,00	0,38	8,95	0,00	0,22	0,78
Толщина меди грудной аорты перед диафрагмой	0,00	0,31	12,22	0,00	0,61	0,39
Количество эластических волокон в луковице аорты	0,00	0,39	8,47	0,00	0,60	0,40
Толщина эластических волокон в аорте перед отхождением левой сонной а.	0,00	0,51	5,19	0,00	0,45	0,55
Диаметр брюшной аорты на уровне отхождения почечных а.	0,00	0,50	5,46	0,00	0,37	0,63
Диаметр краниальной брыжеечной а.	0,00	0,56	4,27	0,01	0,42	0,58
Длина участка аорты в ее основании с постоянным диаметром	0,00	0,41	8,01	0,00	0,26	0,74
Диаметр левой глубокой шейной а.	0,00	0,61	3,55	0,02	0,32	0,68
Диаметр плечеголовной а.	0,00	0,44	7,07	0,00	0,10	0,90
Диаметр левой внутренней грудной а.	0,00	0,44	7,03	0,00	0,18	0,82

Наименьшие расстояния Махаланобиса наблюдались между сеголетками и неполовозрелыми нерпами, а также между бельками и сеголетками, что говорит о том, что в указанных парах группы меньше различаются.

Формулы функций классификации для каждой возрастной группы имели следующий вид:

$$K_{\text{новорожденные}} = 42,27 * d_{\text{печ.а.}} - 0,59 * d_{\text{пр.ршс}} + 0,08 * h_{\text{м.га}} - 0,06 * n_{\text{эл.в.}} + 85,15 * h_{\text{эл.в.}} + 4,93 * d_{\text{бр.а.}} + 14,09 * d_{\text{кр.б.а.}} + 19,17 * l_{\text{а.}} + 3,28 * d_{\text{л.гш.а.}} - 7,98 * d_{\text{пл.а.}} + 6,02 * d_{\text{л.вн.га.}} - 166,11$$

;

$$\begin{aligned}
K_{\text{бельки}} &= 72,42 * d_{\text{печ.а.}} - 0,92 * d_{\text{пр.ршс}} - 0,05 * h_{\text{м.га}} - 0,06 * n_{\text{эл.в.}} + 142,30 * h_{\text{эл.в.}} + 2,79 * \\
&d_{\text{бр.а.}} + 28,87 * d_{\text{кр.б.а.}} + 55,13 * l_{\text{а.}} + 12,12 * d_{\text{л.гш.а.}} - 20,90 * d_{\text{пл.а.}} + 19,45 * d_{\text{л.вн.га.}} - 323,94 ; \\
K_{\text{сеголетки}} &= 64,18 * d_{\text{печ.а.}} + 30,06 * d_{\text{пр.ршс}} - 0,07 * h_{\text{м.га}} - 0,01 * n_{\text{эл.в.}} + 124,66 * h_{\text{эл.в.}} + \\
&11,38 * d_{\text{бр.а.}} + 21,72 * d_{\text{кр.б.а.}} + 19,47 * l_{\text{а.}} + 0,83 * d_{\text{л.гш.а.}} - 18,42 * d_{\text{пл.а.}} + 15,90 * d_{\text{л.вн.га.}} - \\
&361,04 ; \\
K_{\text{неполовозрелые}} &= 67,31 * d_{\text{печ.а.}} + 31,49 * d_{\text{пр.ршс}} - 0,08 * h_{\text{м.га}} - 0,20 * n_{\text{эл.в.}} + 143,89 * h_{\text{эл.в.}} + \\
&13,32 * d_{\text{бр.а.}} + 26,48 * d_{\text{кр.б.а.}} + 18,70 * l_{\text{а.}} - 3,68 * d_{\text{л.гш.а.}} - 14,49 * d_{\text{пл.а.}} + 7,67 * d_{\text{л.вн.га.}} - \\
&493,72 ; \\
K_{\text{половозрелые}} &= 104,53 * d_{\text{печ.а.}} + 29,45 * d_{\text{пр.ршс}} - 0,02 * h_{\text{м.га}} - 0,27 * n_{\text{эл.в.}} + 155,59 * h_{\text{эл.в.}} + \\
&9,32 * d_{\text{бр.а.}} + 38,29 * d_{\text{кр.б.а.}} + 47,33 * l_{\text{а.}} + 2,35 * d_{\text{л.гш.а.}} - 27,81 * d_{\text{пл.а.}} + 30,96 * d_{\text{л.вн.га.}} - \\
&695,53
\end{aligned}$$

где К – коэффициент канонической дискриминантной функции для каждой возрастной группы; $d_{\text{печ.а.}}$ – диаметр печеночной артерии; $d_{\text{пр.ршс}}$ – диаметр правого реберно-шейного ствола; $h_{\text{м.га}}$ – толщина меди грудной аорты перед диафрагмой; $n_{\text{эл.в.}}$ – количество эластических волокон в луковице аорты; $h_{\text{эл.в.}}$ – толщина эластических волокон в аорте перед отхождением левой сонной артерии; $d_{\text{бр.а.}}$ – диаметр брюшной аорты на уровне отхождения почечных артерий; $d_{\text{кр.б.а.}}$ – диаметр краниальной брыжеечной артерии; $l_{\text{а.}}$ – длина участка аорты в ее основании с постоянным диаметром; $d_{\text{л.гш.а.}}$ – диаметр левой глубокой шейной артерии; $d_{\text{пл.а.}}$ – диаметр плечеголовной артерии; $d_{\text{л.вн.га.}}$ – диаметр левой внутренней грудной артерии.

Подставив переменные конкретной особи в уравнения, можно определить в какую возрастную группу она относится по результату – большому классификационному числу в одном из уравнений.

2.2.2 Венозное русло

2.2.2.1 Система краниальной полой вены

Отток крови от головы начинается с верхнечелюстной вены, следующей из короткого подглазничного канала, небной вены из небного отверстия и клинонебной вены с носовой полости. Указанные вены собираются в лицевую вену. В лицевую вену байкальской нерпы на уровне беззубого края нижней челюсти вливается несколькими корнями глазничная вена, выходящая из глазничного венозного сплетения вентральной поверхности глазницы (рисунок 4). В верхней точке скуловой дуги начинается латеральная наружная яремная вена. Нами отмечен мощный анастомоз между лицевой и латеральной наружной яремной венами. Последняя собирает кровь от поверхностной ушной и через 6,25 – 25,61 мм (у новорожденных и половозрелых нерп) от височной вен. Указанные сосуды анастомозируют между собой.



Рисунок 4 – Глазничное сплетение неполовозрелой нерпы (ангиоостеотопический препарат): 1 – глазничное венозное сплетение; 2 – ушная вена; 3 – латеральная наружная яремная вена

Поверхностная ушная вена собирает кровь несколькими анастомозирующими корнями, следуя вдоль наружного слухового прохода. У бельков ее диаметр справа и слева увеличивался в 1,10 и 1,15 раза, у сеголеток – в 2,00 и 1,95 раза, у неполовозрелых нерп – в 2,35 и 2,32 раза и у половозрелых – в 2,79 и 2,71 раза соответственно в сравнении с новорожденными ($p < 0,05$). Лицевая вена, собрав кровь, следует вдоль массивера. Она сопровождается венами спутницами, анастомозирующими с ней и собирающими кровь с большой жевательной, крыловидной и

щечной мышц. На уровне середины барабанного пузыря между лицевыми венами правой и левой сторон при переходе в медиальную наружную яремную вену обнаружен анастомоз. Он осуществляет отток крови несколькими корнями с медиального и латерального брюшек двубрюшного мускула, с языка язычной веной, а также венами с мышц гортани. Диаметры указанных вен увеличиваются с возрастом. Латеральная и медиальная наружные яремные вены объединяются на уровне мышечков затылочной кости или атлантно-затылочного сустава в общую наружную яремную вену.

Корни вен головного мозга повторяют ход артерий, проходящих в бороздах больших полушарий и продольной щели. Нами отмечено, что правый и левый кавернозные синусы принимают кровь с борозд полушарий головного мозга и с глазничного сплетения. Синусы связаны между собой рострально и аборально межкавернозными синусами. Образуемый указанными синусами циркулярный синус лежит дорсально над Виллизиевым кругом. Отток крови от циркулярного синуса осуществляется по правой и левой внутренним яремным венам, проходящим по желобам внутри черепной полости и выходящим через рваные отверстия несколькими ветвями, образующими сплетения тонких вен соответствующих сторон. Диаметры ветвей внутренних яремных вен правой и левой сторон составляли в среднем у новорожденных $1,36 \pm 0,04$ мм и $1,35 \pm 0,09$, у бельков $1,49 \pm 0,05$ мм и $1,42 \pm 0,05$ мм, у сеголеток $2,26 \pm 0,08$ мм и $2,22 \pm 0,09$ мм, у неполовозрелых нерп $2,70 \pm 0,12$ мм и $2,59 \pm 0,12$ мм и у половозрелых нерп $3,09 \pm 0,14$ мм и $3,15 \pm 0,14$ мм соответственно. Внутренние яремные вены вливаются в вентральное шейное сплетение. Еще в черепной полости нами отмечены тонкие анастомозы между внутренней яремной и эпидуральной венами. Эпидуральная вена начинается в полостях затылочных мышечков.

На вентральной поверхности гортани у байкальской нерпы между наружной и внутренней яремными венами правой и левой сторон имеется мощное венозное сплетение (вентральное шейное сплетение), которое принимает кровь от вентральных мышц шеи и позвоночных корней эпидуральной вены. На уровне крыловидной ямки атланта осуществляется связь вентрального шейного сплетения, позвоночных вен, внутренних и наружных яремных вен и эпидуральной вены.

У байкальской нерпы на уровне атлантно-осевого сустава глубокая шейная вена с венами мощного дорсального венозного коллектора вливается в наружную и внутреннюю яремные вены. Венозная сеть дорсального коллектора начинается от чешуи затылочной кости и доходит до уровня 3-4 межреберья. Вены дорсального коллектора на уровне с 1-го по 3-е ребро анастомозируют с сегментами непарной вены. Приняв вены дорсального коллектора, внутренняя и наружная яремные вены анастомозируют и формируют длинные петли, которые формируют мощную замкнутую петлистую сеть на уровне плечеголового ствола. В вентральной трети части шеи и вентролатеральной части грудной клетки на уровне 4-5 шейных позвонков до 6-7 межреберья формируется мощный вентролатеральный коллектор посредством левой подключичной, плечешейной, глубокой шейной, наружной грудной, подмышечной и поверхностной плечевой вен. На уровне плечеголового ствола ветви вентролатерального коллектора соединяются с сетью яремных вен и непарной веной посредством связи с дорсальным стволом.

На уровне артериального плечеголового ствола из сети яремных вен правой стороны кровь собирается двумя венами: правой подключичной веной, а также отдельной веной, идущей из указанной сети. Правая и левая подключичная вены собирают кровь от вентролатеральных коллекторов правой и левой сторон, а также от анастомозирующих наружной и внутренней яремных вен правой и левой сторон.

Правая подключичная вена у новорожденных нерп имеет диаметр $4,54 \pm 0,73$ мм, длину $9,07 \pm 0,35$ мм, у бельков – $6,07 \pm 0,23$ мм, $13,43 \pm 1,22$ мм, у сеголеток – $8,62 \pm 0,37$ мм, $19,81 \pm 1,08$ мм, у неполовозрелых нерп – $11,97 \pm 0,86$ мм, $23,71 \pm 1,61$ мм, у половозрелых нерп – $14,98 \pm 0,67$

мм, $30,26 \pm 1,36$ мм соответственно. Левая подключичная вена принимает кровь на уровне первого ребра одной ветвью от яремных вен левой стороны и вентралатерального коллектора, при этом на границе вливания вен мы наблюдали клапаны. Левая подключичная вена у нерп всех возрастов имела большую длину в сравнении с правой подключичной – у новорожденных нерп $41,13 \pm 1,22$ мм, у бельков – $54,71 \pm 1,98$, у сеголеток – $58,20 \pm 1,51$ мм, у неполовозрелых нерп – $70,77 \pm 2,89$ мм, у половозрелых – $89,55 \pm 4,40$ мм.

Левая и правая подключичные вены одновременно вливаются в краниальную полую вену диаметром $8,66 \pm 1,28$ мм у новорожденных животных, $11,74 \pm 0,54$ мм у бельков, $13,96 \pm 0,93$ мм у сеголеток, $20,02 \pm 1,26$ мм у неполовозрелых нерп, $25,89 \pm 1,28$ мм у половозрелых нерп. Кроме данных вен краниальная полая вена собирает кровь от отдельной вены, идущей из сети яремных вен правой стороны, а также непарной вены. Непарная вена осуществляет отток крови с межреберных вен до 5-6 межреберья двумя стволами слева и справа, которые образуют на этом уровне общий ствол, принимающий еще 3-4 корня с краниальных межреберьев и эпидуральной вены. Ее диаметр в месте вливания в краниальную полую вену у бельков был больше в 1,21 раза, у сеголеток в 1,25 раза, у неполовозрелых нерп в 1,82 раза и у половозрелых нерп в 2,35 раза в сравнении с новорожденными нерпами. После вхождения непарной вены в краниальную полую вену, последняя ампулообразно расширяется и имеет диаметр у новорожденных нерп $15,43 \pm 1,74$ мм, у бельков – $19,79 \pm 0,34$ мм, у сеголеток – $23,05 \pm 1,27$ мм, у неполовозрелых нерп – $33,22 \pm 1,16$ мм, у половозрелых – $42,77 \pm 2,08$ мм.

В ветвях яремных вен и вен вентралатерального коллектора левой стороны в месте их вливания в левую подключичную вену, в правой и левой непарных венах (до 5-6 межреберья), а также венах головы (лицевой, язычной венах, мышечных венах гортани) мы наблюдали двустворчатые венозные клапаны (рисунок 5).

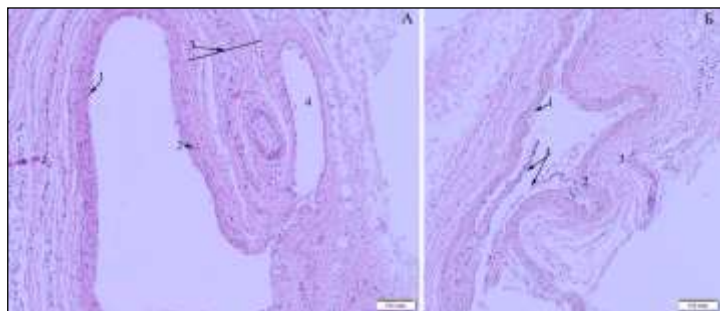


Рисунок 5 – Непарная вена с клапанами сеголетка. Окрашивание гематоксилин с эозином. А: 1 – эндотелий; 2 – средняя оболочка с гладкими миоцитами; 3 – наружная оболочка; 4 – просвет межреберной вены. Б: 1 – интима; 2 – медиа; 3 – адвентиция; 4 – створки клапана

Характер корреляционных связей между диаметрами вен бассейна краниальной поллой вены у нерп разных возрастов значительно отличался. У новорожденных не были обнаружены корреляционные связи между изучаемыми показателями. У бельков основными емкостными сосудами являются правая и левая наружные яремные вены, имеющие связи между собой, и со всеми исследуемыми венами бассейна краниальной поллой вены ($r = 0,79; 0,80; 0,82; p < 0,05$). У сеголеток корреляционные связи между наружной и внутренней яремными венами правой и левой сторон отсутствовали, но обнаружена связь диаметра вены из сети яремных вен с диаметрами наружной яремной и подключичной вен левой стороны ($r = 0,65-0,96; p < 0,05$). У неполовозрелых нерп сильные корреляции отмечались между диаметрами магистральных вен (наружной и внутренней яремными, подключичными венами), а также между названными венами правой и левой сторон ($r = 0,79-0,99; p < 0,05$). Диаметр вены из сети яремных вен коррелирует с правой и левой подключичными венами ($r = 0,99; 0,82; p < 0,05$). Диаметры вен вентралатерального коллектора левой стороны имеет корреляции со всеми сосудами кроме диаметра правой подключичной вены ($r = 0,67-0,99; p < 0,05$). Вместе с тем, диаметры вен вентралатерального коллектора правой стороны с правой и левой подключичными венами, правой наружной яремной вены и вены из сети яремных вен ($r = 0,66-0,96; p < 0,05$). У половозрелых нерп диаметры правой и левой подключичных вен, а также вены из сети яремных вен имеют корреляции с высокой силой связи с всеми венами бассейна краниальной поллой вены (включая вены вентралатерального коллектора) ($r = 0,80-0,99; p < 0,05$). Эти связи

свидетельствует о важной роли указанных сосудов в распределении крови, при этом важно отметить, что у половозрелых животных значительно возрастает объем циркулирующей крови в сравнении с остальными группами. При этом роль наружных и внутренних яремных вен в перераспределении крови от вен краниальной части тела у половозрелых нерп по всей видимости имеет меньшее значение в сравнении с остальными группами, особенно с бельками.

2.2.2.2 Вены грудной конечности (ласты)

Кровь от перепонки и пальцев байкальской нерпы собирается в четыре пальцевые вены, собирающие кровь с перепонки и пальцев и вливающиеся в пястную венозную сеть, расположенную в дистальном отделе костей пясти. Кровь из пястной венозной сети собирается с латеральной поверхности тремя-четырьмя корнями в лучевую вену, с медиальной – одним корнем в локтевую вену.

Кроме того, от данной сети следуют тонкие извитые вены, формирующие сплетение вдоль срединной артерии и анастомозирующие с мелкими артериальными ветвями последней. Венозное сплетение несколькими корнями вливается в лучевую вену на уровне середины костей предплечья и продолжается до плечевой вены. Проксимальнее между локтевой и лучевой венами имеется мощный венозный анастомоз, а между плечевой веной и плечевой артерией – артериовенозный анастомоз, представленный пучком тонких сосудов. По ходу локтевой и лучевой вены могут встречаться коллатеральные сосуды, анастомозирующие с основными ветвями. Лучевая, локтевая и венозная сеть, окружающая срединную артерию, вливаются в плечевую вену, которая впадает в подмышечную вместе с подлопаточной и грудоспинной венами. Подмышечная вена вливается в вентролатеральный венозный коллектор. Диаметр локтевой, лучевой, плечевой и подмышечной вен достоверно увеличивается с возрастом, за исключением диаметра плечевой вены у бельков и сеголеток, который достоверно не отличается. Сосуды грудной конечности правой и левой сторон достоверно не отличались во всех возрастных группах.

Поверхностная магистраль формируется на дорсолатеральной поверхности ласт слиянием корней первой пальцевой и четвертой пальцевой вен. В области дистального ряда костей запястья или проксимальной части четвертой и пятой костей пясти пальцевые вены сливаются в короткую поверхностную пястную вену, которая на уровне проксимального ряда костей запястья разделяется на две поверхностные вены предплечья – латеральную и медиальную вену, переходящие в области плеча в плечевые латеральные и медиальные вены, формирующие между собой крупные анастомозы. Поверхностные вены предплечья и плеча многочисленными корнями собирают кровь с разгибателей запястья и пальцев.

В локтевой и лучевой венах, а также в поверхностных медиальной и латеральной венах плеча были обнаружены клапаны. В плечевой вене мы не наблюдали клапаны, что возможно связано с небольшой длиной указанной вены у байкальской нерпы. Количество клапанов увеличивалось в возрастном аспекте во всех указанных венах, в то время как клапанный индекс достоверно увеличивался только в латеральной вене плеча. Важно отметить, что наибольшее количество клапанов в поверхностных венах грудной конечности наблюдалось в месте вливания их в вентролатеральный коллектор.

2.2.2.3 Система каудальной полых вен

У байкальской нерпы каудальная полая вена начинается двумя ассиметричными стволами на уровне между пятым поясничным и первым крестцовым позвонками. Правая и левая каудальные полые вены ассиметричны и собирают кровь от правых и левых внутренних подвздошных вен и наружных подвздошных вен. У новорожденных нерп наблюдается тенденция к увеличению длины левой каудальной полых вен, а у бельков и сеголеток она достоверно длиннее правой. В то же время длины правой и левой каудальных полых вен достоверно не отличаются у неполовозрелых и половозрелых нерп. Ассиметрия вен во всех возрастных группах отмечалась и в локализации максимального расширения каудальных полых вен, справа оно наблюдалось на уровне ворот почки, слева – на уровне краниолатеральной почечной вены. У нерп всех возрастов минимальный средний диаметр

правой и левой каудальных полых вен отмечался в месте впадения наружных и внутренних подвздошных вен.

У байкальской нерпы отток крови от мышц брюшных стенок справа и слева осуществляют мощные поясничные коллекторы, с дорсальной стороны они тесно граничат с венозной сетью почек, однако не анастомозируют с ней. У новорожденных были отмечены пучки из пяти корней с правой (1,32±0,30 мм; 3,35±0,67 мм; 2,22±0,23 мм; 3,05±0,40 мм; 2,81±0,27 мм) и левой стороны (3,16±0,27 мм; 2,90±0,77 мм; 2,74±0,42 мм; 3,99±1,00 мм; 3,84±0,51 мм), причем диаметр поясничных вен левой стороны, меньше чем правой. У бельков, сеголеток, неполовозрелых и половозрелых нерп насчитывается 5-7 корней в поясничных коллекторах правой и левой сторон диаметрами от 1,85 мм до 6,72 мм, от 4,11 мм до 13,71 мм, от 4,66 мм до 14,01 мм и от 5,78 мм до 15,98 мм соответственно. Между последними 2-3 парами межреберных вен и венами поясничного коллектора были обнаружены анастомозы. Мы полагаем, что, несмотря на то, что ветви анастомозов очень тонкие (у половозрелых нерп их средний диаметр всего 0,89±0,12 мм), они могут выступать в качестве шунта, обеспечивающего поступление крови в непарную вену.

Были обнаружены разные способы ветвления яичниковых вен. В первом случае яичниковые вены идут от яичника по краям широкой маточной связки и вливаются в почечную вену двумя корнями слева и одним корнем справа, также справа наблюдается самостоятельная яичниковая вена, вливающаяся в ствол краниоventрально по отношению к почечной вене. Важно отметить, что яичниковые вены анастомозируют одним-двумя тонкими корнями с венозными поясничными коллекторами. Во втором случае, правые и левые яичниковые вены могут следовать вместе с пучком поясничного венозного коллектора, впадая в правую и левую каудальную полые вены на уровне 5-го поясничного позвонка.

Ранее было описано, что у бельков, сеголеток, неполовозрелых и половозрелых особей байкальской нерпы справа и слева в каудальные полые вены вливаются по две-три почечных вены, в 2% случаев от левой почки отток крови может осуществляться четырьмя почечными венами (Помойницкая Т.Е., Рядинская Н.И., 2020; Помойницкая Т.Е., Рядинская Н.И., 2022). При исследовании вен почек у животных указанных возрастных групп наши данные согласовывались с полученными ранее. Однако у новорожденных особей отток крови с венозной сети почек с левой стороны осуществлялся четырьмя венами (двумя дорсолатеральными и двумя вентролатеральными). С правой – семью венами, четырьмя дорсолатеральными и тремя вентролатеральными. Мы полагаем, что при развитии в постнатальном онтогенезе указанные вены сливаются в меньшее количество корней почечных вен.

На уровне первых поясничных позвонков (1-3) или на уровне последних грудных позвонков (13-14) правая и левая каудальные полые вены вливаются в короткую общую вену. Ее максимальный диаметр наблюдался у половозрелых нерп в месте объединения вен правой и левой сторон – 91,13±2,54 мм. После того как общая вена проходит небольшое расстояние, у половозрелых нерп всего 30,13±0,94 мм, она переходит в мощное венозное расширение – печёночный синус.

Венозный (печеночный) синус формируется в правом подвздохе мезогастрия на уровне от 1-го поясничного до 12-грудного позвонков. Синус расширяется от сагиттальной плоскости в левое и в правое подреберья и на уровне 12 межреберья имеет максимальную ширину во всех возрастных группах. Общая длина печеночного синуса (с 8 грудного по 1 поясничный позвонки) у новорожденных составляла 59,02±4,24 мм. В остальных возрастных группах происходило увеличение его длины, его максимальное значение отмечено у половозрелых животных – 199,44±7,32 мм. В то же время максимальная ширина печеночного синуса у новорожденных и бельков была одинакова и увеличивалась в 2,36 раза у сеголеток, в 2,67 раза у неполовозрелых нерп (при этом между группами нет достоверного отличия) и в 3,64 раза у половозрелых нерп. В печеночном синусе краниально в месте расширения четко выделяются две части, уходящие в соответствующие подреберья. У новорожденных и бельков левая часть широкая (36,39±7,06 мм и 45,50±2,47 мм) и короткая (27,38±3,03 мм и 35,02±1,12 мм), а правая

– узкая ($23,94 \pm 4,74$ мм и $32,73 \pm 1,31$ мм) и длинная ($56,72 \pm 4,23$ мм и $73,72 \pm 1,39$ мм). В то же время у сеголеток, неполовозрелых и половозрелых нерп правая часть также достаточно длинная, а ширина правой части либо не отличается от левой (у сеголеток и половозрелых нерп), либо немного меньше – в 1,02 раза. У новорожденных нерп от каждой доли печени в печеночный синус расширяясь ампулообразно впадают печеночные вены.

Пупочная вена у новорожденных нерп функционирует и не закрыта, она направляется к воротам печени, где сливается с левой ветвью воротной вены и вливается в аранциев проток. Аранциев проток в месте отхождения от пупочной вены имеет длину $25,33 \pm 3,52$ мм и диаметр $3,90 \pm 0,36$ мм, в месте впадения в печеночный синус его диаметр увеличивается до $6,01 \pm 0,70$ мм.

Краниальная расширенная часть печеночного синуса плотно прилегает к диафрагме. По центру или немного ближе к правому краю диафрагмы на уровне 11-12 межреберья располагается диафрагмальный сфинктер. Данный сфинктер представляет собой отверстие в сухожильном центре диафрагмы для каудальной поллой вены, на которую куполообразно налегают кольцевые пучки мышечных волокон. После прохождения через сфинктер на уровне 8-го грудного позвонка начинается грудная часть каудальной поллой вены. Диаметр каудальной поллой вены после прохождения сфинктера увеличивается с возрастом, достигая максимального значения у половозрелых нерп $34,69 \pm 1,18$ мм. Важно отметить, что вентральная длина грудной части каудальной поллой вены меньше дорсальной у новорожденных в 1,36 раза, у бельков – в 1,39 раза, у сеголеток – в 1,47 раза, у неполовозрелых – 1,91 раза и у половозрелых нерп – в 1,93 раза. За диафрагмой в каудальную полую вену вливаются две краниальные диафрагмальные вены диаметром у новорожденных $1,86 \pm 0,24$ мм и $2,70 \pm 0,12$ мм, у бельков – $2,23 \pm 0,06$ мм и $3,77 \pm 0,32$, у сеголеток – $3,39 \pm 0,22$ мм и $4,18 \pm 0,46$ мм, у неполовозрелых – $4,73 \pm 0,15$ мм и $5,62 \pm 0,18$ мм и у половозрелых нерп – $4,83 \pm 0,20$ мм и $7,24 \pm 0,36$ мм.

Стенка правой и левой каудальных полых вен складчатая и состоит из интимы, меди и адвентиции. Интима имеет типичное строение и представлена эндотелием и подэндотелиальным слоем. Медиальная оболочка тонкая и образована несколькими слоями гладких миоцитов и значительно варьирует по толщине даже у одного животного. Адвентициальная оболочка разных участков каудальных полых вен также отличается по толщине и содержит коллагеновые волокна, которые лежат плотно в участках, прилежащих к меди и рыхло в наружных участках. Левая и правая каудальные полые вены покрыты висцеральным листком брюшины, образованным соединительной тканью с микрососудами и нервами, а также однослойным плоским эпителием.

Стенка общей каудальной поллой вены байкальской нерпы также складчатая и имеет строение, характерное для вен со средним развитием мышечных элементов. Внутренняя оболочка состоит из эндотелиоцитов, которые могут быть представлены как плоскими клетками, так и клетками кубической формы, что связано, видимо со степенью растяжения стенки вены. Подэндотелиальный слой каудальной поллой вены образован тонкими коллагеновыми волокнами. Средняя оболочка сформирована циркулярно расположенными гладкими миоцитами, между которыми располагаются коллагеновые волокна. В наружной оболочке каудальной поллой вены были обнаружены плотная волокнистая неоформленная соединительная ткань с единичными гладкомышечными клетками. Также в адвентициальной оболочке каудальной поллой вены много кровеносных сосудов, представленных в основном тонкостенными венами. Мы полагаем, что данные сосуды наполняясь кровью, способствуют увеличению венозной емкости, а также могут играть роль шунтов, снижая, таким образом, давление на стенку каудальной поллой вены. Общая каудальная полая вена снаружи покрыта однослойным плоским эпителием и тонким подмезотелиальным слоем. Эластические волокна были обнаружены во всех оболочках стенки каудальной поллой вены. В подэндотелиальном слое внутренней оболочки и в средней оболочке эластические волокна тонкие и лежат в разных направлениях. В наружной оболочке эластические волокна более мощные и лежат как циркулярно, так и продольно. Такое строение стенки каудальной поллой вены позволяет ей растягиваться и вмещать большое количество крови, а коллагеновые волокна придают

прочность сосуду. Толщина стенки каудальной полой вены одинакова у новорожденных и бельков и увеличивается у сеголеток в сравнении с новорожденными, а у неполовозрелых и половозрелых нерп – в сравнении с нерпами меньшего возраста.

Как говорилось выше, каудальная полая вена расширяется в правом подвздохе мезогастрия в печеночный синус. Стенка печеночного синуса байкальской нерпы сходна по строению с каудальной полой веной. В сухожильном центре диафрагмы располагается сфинктер каудальной полой вены. При гистологическом исследовании было обнаружено, что сфинктер каудальной полой вены представлен ее стенкой, рядом с наружной оболочкой которой лежат пучки поперечнополосатых мышц. Мощные пучки поперечнополосатых мышц сфинктера каудальной полой вены окружены перимизием с сосудами и нервами. Мышцы сфинктера располагаются косо-циркулярно и отделяются от мышц диафрагмы плотной неоформленной соединительной тканью с сосудами. Снаружи сфинктер каудальной полой вены покрыт висцеральной плеврой.

Таким образом, стенка каудальной полой вены и в частности, печеночного синуса, может растягиваться и накапливать большое количество крови, одновременно оставаясь достаточно прочной. В то же время поперечнополосатые мышцы сфинктера могут дозированно освобождать кровь, важно также отметить, что данные мышцы находятся под сознательным контролем ЦНС и могут управляться нерпой при погружении.

2.2.2.4 Воротная вена

Воротная вена новорожденных длиной $19,38 \pm 1,93$ мм и диаметром $6,89 \pm 0,21$ мм, бельков – $25,70 \pm 0,63$ мм и $9,60 \pm 0,29$ мм, сеголеток – $46,70 \pm 2,53$ мм и $16,50 \pm 0,58$ мм, неполовозрелых – $57,76 \pm 1,08$ мм и $18,65 \pm 0,43$ мм и половозрелых нерп – $75,06 \pm 3,32$ мм и $22,07 \pm 0,82$ мм соответственно, образуется слиянием желудочно-селезеночной вены и краниальной брыжеечной вены и направляется к печени. Табакова М.А. указывала, что перед входом в ворота печени воротная вена делится на длинную левую и короткую правые вены (Табакова М.А., 2020). В настоящем исследовании встречались случаи, когда данные вены были почти одинаковыми по длине (4 случая из 38).

В желудочно-селезеночную вену впадают три желудочных вены, которые собирают кровь с большой и малой кривизны желудка, а также с его пилорической части, левая желудочно-сальниковая вена с большой кривизны и сальника, с селезенки – селезеночная вена, а также с левой доли поджелудочной железы – поджелудочная вена. Кроме того, правая желудочно-сальниковая вена с большой кривизны вливается в длинную ветвь воротной вены. Краниальная поджелудочно-двенадцатиперстная вена вливается непосредственно в воротную вену. Краниальная брыжеечная вена осуществляет отток крови с ободочной, слепой, тощей, двенадцатиперстной кишок и с правой доли поджелудочной железы. Таким образом, в указанную вену впадают слепо-ободочно-подвздошная вена, каудальная поджелудочно-двенадцатиперстная вена, тощекишечные вены. Отток крови от брыжеечного лимфоузла также осуществляется в краниальную брыжеечную вену. Прямокишечные вены впадают во внутреннюю подвздошную вену.

Встречается и другой тип ветвления воротной вены (31,58% случаев). В воротную вену вливается селезеночная вена, собирающая кровь с селезенки и левая желудочно-сальниковая вена. Одновременно с селезеночной веной в воротную вену собирается кровь от левой желудочной вены и краниальной брыжеечной вены. В левую желудочную вену собирается кровь от желудочной ветви и правой желудочно-сальниковой вены.

У бельков достоверно увеличиваются длина и диаметр левой ветви воротной вены, и диаметр желудочно-селезеночной вены в сравнении с новорожденными. В то время как у сеголеток, неполовозрелых и половозрелых нерп увеличиваются все показатели ветвей воротной вены в сравнении с новорожденными. Максимальные значения морфометрических показателей воротной вены отмечаются у половозрелых нерп, за исключением длины левой ветви воротной вены, которая достоверно не отличалась от неполовозрелых животных. Желудочно-селезеночная вена во всех возрастных группах

была больше по диаметру, чем краниальная брыжеечная вена, у новорожденных в 1,09 раза, у бельков в 1,21 раза, у сеголеток в 1,15 раза, у неполовозрелых нерп в 1,15 раза и у половозрелых нерп в 1,17 раза. Это связано с важной ролью селезенки при погружении, которая высвобождает значительный объем оксигенированных эритроцитов из расширенных вен в печеночный синус.

У новорожденных нерп левая ветвь воротной вены сливается с пупочной веной, направляясь к аранциеву протоку

2.2.2.5 Вены таза и тазовой конечности (ласт)

У байкальской нерпы внутренняя и наружная подвздошные вены правой и левой сторон собирают кровь от органов тазовой полости и тазовых конечностей в соответствующие каудальные полые вены. Внутренняя и наружная подвздошные вены анастомозируют между собой и участвуют в образовании тазового коллектора. Диаметр указанных сосудов увеличивается с возрастом нерп. В тазовом коллекторе также принимают участие париетальные и висцеральные вены таза, а также вены, собирающие кровь с тазовой конечности. Хвостовая вена при впадении в тазовый коллектор соединяется с запирательными венами и формирует мощный анастомоз над мочевым пузырем между правой и левой половинами венозного коллектора таза.

Особенностью венозной васкуляризации тазовой конечности нерпы является наличие венозного сплетения заплюсневого сустава, от которого берут начало три магистральных сосуда: передняя большеберцовая вена, задняя большеберцовая вена и вена сафена.

В дистальной трети голени указанные вены формируют венозную сеть голени, в которую вливается кровь от мышц голени и приводящей мышцы. Отток крови из указанной сети осуществляется передней и задней большеберцовыми венами в тазовый коллектор. Поверхностная вена сафена у байкальской нерпы развита слабо, она также выходит из венозного сплетения заплюсневого сустава на дорсолатеральную поверхность, впоследствии вливается в глубокую вену сафена. Глубокая вена сафена на дорсальной поверхности связана анастомозами с эпидуральной веной, венами поясничного и тазового коллекторов. Наибольшее количество клапанов у байкальской нерпы наблюдалось в глубокой вене сафена и задней большеберцовой вене ($p < 0,05$). В этих же венах отмечалась тенденция к увеличению клапанного индекса. Во всех венах тазового лапаста, клапаны были в основном сосредоточены в месте их вливания в тазовый коллектор. В задней большеберцовой вене, глубокой и поверхностных венах сафена отмечалась тенденция к увеличению клапанного индекса с возрастом, в то время как в передней большеберцовой вене напротив наблюдалась тенденция к его снижению.

2.2.2.6 Эпидуральная вена

У байкальской нерпы дорсально над твердой оболочкой спинного мозга в позвоночном канале располагается эпидуральная вена, простирающаяся от большого затылочного отверстия до хвостовых позвонков (рисунок 6). Ее длина у новорожденных составляет $27,13 \pm 2,23$ см, у бельков – $36,71 \pm 0,60$ см, у сеголеток – $45,20 \pm 1,00$ см, у неполовозрелых нерп – $56,67 \pm 1,51$ см, у половозрелых нерп – $73,05 \pm 1,94$ см.

Максимальная ширина эпидуральной вены у новорожденных была в поясничном отделе позвоночника, у бельков – в шейном и поясничном отделах, у сеголеток – в шейном, у неполовозрелых – в грудном и у половозрелых – в грудном и поясничном отделах. Толщина эпидуральной вены у новорожденных имела самое большое значение в крестцовом отделе, у бельков ее толщина была одинаковой во всех отделах позвоночника, у сеголеток – в поясничном отделе, а у неполовозрелых и половозрелых нерп – в шейном. Такие отличия в толщине и ширине вены связаны по всей видимости с ростом позвоночного столба и мышц у нерп разных возрастов.

По своему ходу эпидуральная вена разветвляется в области атланта на два ствола под его крыльями. С каждой стороны эпидуральная вена собирает кровь из двух корней,

анастомозирующих друг с другом, первый корень идет с мышц шеи, а второй из-под крыла атланта. Эпидуральная вена, начиная со второго шейного позвонка, следует точно под дужками позвонков, окружает дорсально и вентрально спинной мозг, соединяясь латерально справа и слева. Между дужками позвонков метамерно ветви эпидуральной вены также связаны между собой справа и слева. Не только дорсальные корни эпидуральной вены, но и вентральные корни эпидуральной вены связаны с дорсальной и вентральной частями дорсального венозного коллектора, собирающего кровь с дорсальных мышц позвоночника и вентральных мышц шеи за счет анастомозов в межпозвоночных отверстиях. Кроме того, через анастомозы между яремными венами и дорсальным коллектором, эпидуральная вена сообщается и с вентральным шейным сплетением.



Рисунок 6 – Коррозионный препарат венозной и артериальной систем новорожденной байкальской нерпы (дорсальная поверхность справа). Желтыми кругами обозначены участки эпидуральной вены, в которых она была механически отделена от коррозионного препарата (от непарной вены в грудном отделе и от коллекторов вен брюшных стенок между поясничным и крестцовым отделами). 1 – эпидуральная вена в области атланта; 2 – вены дорсального коллектора; 3 – непарная вена; 4 – эпидуральная вена; 5 – вентро-латеральный венозный коллектор; 6 – каудальная полая вена; 7 – брюшная аорта; 8 – печеночный синус, 9 – венозное почечное сплетение; 10 – поясничный (каудальный) венозный коллектор мышц брюшных стенок; 11 – венозный анастомоз в области симфиза седалищных костей; 12 – хвостовая вена

В области шейно-грудного отдела на уровне 10 грудного позвонка эпидуральная вена продолжается сплошным сосудом, не прерываясь между дужками позвонков. Непарная вена связана с эпидуральной веной мощными анастомозами до уровня 10-11 грудных позвонков. Непарная вена также соединяется с корнями вен вентролатерального коллектора, правой стороны сети яремных вен, и вливается в краниальную полую вену. Начиная с 10-11-го грудных позвонков эпидуральная вена анастомозирует с париетальными венами, идущими от мышц позвоночного столба и грудных стенок.

Эпидуральная вена продолжается сплошным пластом с первого поясничного до третьего крестцового позвонков и по своему ходу собирает кровь с мышц брюшных стенок. Между третьим и четвертым крестцовыми позвонками эпидуральная вена уменьшается и разделяется на две вены, следующие до первого хвостового позвонка.

У байкальской нерпы между последним поясничным и первым крестцовым позвонками в межпозвоночное отверстие вливаются вены каудального (поясничного) коллектора с мышц брюшных стенок, отдающие кровь несколькими корнями слева и справа в соответствующие стволы каудальной полых вены.

Характер корреляционных связей ширины и толщины эпидуральной вены с морфометрическими показателями вен бассейнов краниальной и каудальной полых вен значительно отличается в исследованных возрастных группах. В то время как у новорожденных нерп корреляции не были выявлены, у бельков отмечалось наибольшее количество корреляционных связей. В шейном и крестцовом отделах ширина эпидуральной вены положительно коррелировала с промерами вен как краниального, так

и каудального бассейнов полых вен ($r = 0,82$; $p < 0,05$), а в грудном и поясничном – отмечались отрицательные корреляции ($r =$ от $-0,72$ до $-0,82$; $p < 0,05$). Мы полагаем, что положительные связи отражают особенности роста указанных вен, а отрицательные – особенности перераспределения крови. У сеголеток были обнаружены отрицательные связи ширины и толщины всех отделов эпидуральной вены с диаметрами вен вентролатерального коллектора, правой внутренней яремной вены и с шириной левой каудальной полых вены ($r =$ от $-0,60$ до $-0,83$; $p < 0,05$). У неполовозрелых нерп отмечались корреляционные связи только ширины эпидуральной вены в крестцовом отделе с длиной левой и правой каудальных вен – отрицательные ($r = -0,64$; $-0,79$; $p < 0,05$), с длиной и шириной печеночного синуса – положительные ($r = 0,65$; $0,73$; $p < 0,05$). У половозрелых нерп ширина и толщина эпидуральной вены шейного и грудного отделов обратно коррелировали с диаметрами вен краниальной части тела нерпы до диафрагмы, в том числе с грудной частью каудальной полых вены ($r =$ от $-0,64$ до $-0,81$; $p < 0,05$). Ширина эпидуральной вены в крестцовом отделе отрицательно коррелировала только с длиной общей каудальной полых вены ($r = -0,66$; $p < 0,05$). По нашему мнению, увеличение количества корреляционных связей между эпидуральной веной шейного и грудного отдела и венами краниальной части тела связано с тем, что в процессе возрастного онтогенеза у нерп происходило значительное увеличение объемов вен бассейна каудальной полых вены, а вены бассейна краниальной полых вены увеличивались не столь значительно. В связи с чем возникла необходимость в связях между венами, обеспечивающими перераспределение крови в грудном и шейных отделах.

2.2.2.7 Дискриминантный анализ показателей венозного русла в возрастном онтогенезе

В итоговую модель дискриминации, проведенной по 28 морфометрическим показателям венозного русла, вошли 10 переменных (таблица 5). Общий процент дискриминации 100%.

Таблица 5 – Переменные в итоговой модели дискриминантного анализа и статистика лямбда Уилкса (λ)

N=38 (кол-во нерп) Переменные в модели	Discriminant Function Analysis Summary Wilks' Lambda: 0,0000023 approx. F (40,92)=68,975 p < 0,0000					
	Wilks' Лямбда	Частная Лямбда	F-remove (4,24)	p-value	Toler.	1-Toler. (R-Sqr.)
Толщина медики каудальной полых в.	0,00	0,38	9,84	0,00	0,73	0,27
Диаметр желудочно-селезеночной в.	0,00	0,24	19,42	0,00	0,42	0,58
Длина эпидуральной в.	0,00	0,11	46,98	0,00	0,04	0,96
Ширина эпидуральной в. в грудном отделе позвоночника	0,00	0,16	31,89	0,00	0,07	0,93
Толщина эпидуральной в. в поясничном отделе позвоночника	0,00	0,52	5,65	0,00	0,60	0,40
Ширина эпидуральной в. в поясничном отделе позвоночника	0,00	0,52	5,47	0,00	0,33	0,67
Толщина эпидуральной в. в крестцовом отделе позвоночника	0,00	0,19	25,28	0,00	0,04	0,96
Ширина эпидуральной в. в крестцовом отделе позвоночника	0,00	0,30	14,01	0,00	0,07	0,93
Ширина правой части печеночного синуса	0,00	0,37	10,43	0,00	0,08	0,92
Диаметр правой подмышечной в.	0,00	0,59	4,25	0,01	0,51	0,49

Переменная «Длина эпидуральной вены» вносит самый большой вклад в дискриминацию групп, второй переменной по значению была «Ширина эпидуральной вены в грудном отделе позвоночника» и т.д. Важно отметить, что из 10 переменных в модели, 6 переменных являлись морфометрическими показателями эпидуральной вены (в.). Квадрат расстояния между центроидами групп был минимальным между группами новорожденных нерп и бельков, что свидетельствует о том, что данные группы отличались между собой меньше всех. Самое большое расстояние Махаланобиса отмечалось между новорожденными и половозрелыми нерпами, что свидетельствует о наиболее выраженных отличиях указанных групп.

Формулы функций классификации для каждой возрастной группы имели следующий вид:

$$\begin{aligned}
 K_{\text{новорожденные}} &= 2,96 * h_{\text{м.кпв}} + 7,19 * d_{\text{ж.с.в.}} - 20,94 * b_{\text{г.э.в.}} + 51,45 * h_{\text{к.э.в.}} + 0,65 * b_{\text{п.п.с.}} + \\
 &1,93 * b_{\text{п.э.в.}} - 3,67 * l_{\text{э.в.}} + 33,22 * h_{\text{п.э.в.}} + 18,98 * b_{\text{к.э.в.}} + 2,86 * d_{\text{п.п.в.}} - 112,25 \quad ; \\
 K_{\text{бельки}} &= 0,67 * h_{\text{м.кпв}} + 18,21 * d_{\text{ж.с.в.}} + 14,59 * b_{\text{г.э.в.}} - 21,70 * h_{\text{к.э.в.}} + 1,06 * b_{\text{п.п.с.}} - 6,55 * \\
 &b_{\text{п.э.в.}} + 8,45 * l_{\text{э.в.}} - 16,68 * h_{\text{п.э.в.}} - 11,45 * b_{\text{к.э.в.}} + 6,25 * d_{\text{п.п.в.}} - 174,63 \quad ; \\
 K_{\text{сеголетки}} &= -1,35 * h_{\text{м.кпв}} + 40,91 * d_{\text{ж.с.в.}} + 37,08 * b_{\text{г.э.в.}} - 59,22 * h_{\text{к.э.в.}} + 2,72 * b_{\text{п.п.с.}} - \\
 &17,46 * b_{\text{п.э.в.}} + 13,52 * l_{\text{э.в.}} - 17,17 * h_{\text{п.э.в.}} - 23,40 * b_{\text{к.э.в.}} + 9,05 * d_{\text{п.п.в.}} - 555,86 \quad ; \\
 K_{\text{неполовозрелые}} &= -2,12 * h_{\text{м.кпв}} + 49,32 * d_{\text{ж.с.в.}} + 75,84 * b_{\text{г.э.в.}} - 155,91 * h_{\text{к.э.в.}} + 3,33 * \\
 &b_{\text{п.п.с.}} - 24,48 * b_{\text{п.э.в.}} + 25,22 * l_{\text{э.в.}} - 63,51 * h_{\text{п.э.в.}} - 49,82 * b_{\text{к.э.в.}} + 13,82 * d_{\text{п.п.в.}} - 1026,58 \quad ; \\
 K_{\text{половозрелые}} &= 5,06 * h_{\text{м.кпв}} + 54,20 * d_{\text{ж.с.в.}} + 18,46 * b_{\text{г.э.в.}} + 32,19 * h_{\text{к.э.в.}} + 3,78 * b_{\text{п.п.с.}} - \\
 &20,70 * b_{\text{п.э.в.}} + 10,45 * l_{\text{э.в.}} + 27,97 * h_{\text{п.э.в.}} - 18,01 * b_{\text{к.э.в.}} + 19,09 * d_{\text{п.п.в.}} - 1351,12 \quad ,
 \end{aligned}$$

где K – коэффициент канонической дискриминантной функции для каждой возрастной группы; $h_{\text{м.кпв}}$ – толщина меди каудальной полой вены; $d_{\text{ж.с.в.}}$ – диаметр желудочно-селезеночной вены; $b_{\text{г.э.в.}}$ – ширина эпидуральной вены в грудном отделе позвоночника; $h_{\text{к.э.в.}}$ – толщина эпидуральной вены в крестцовом отделе позвоночника; $b_{\text{п.п.с.}}$ – ширина правой части печеночного синуса; $b_{\text{п.э.в.}}$ – ширина эпидуральной вены в поясничном отделе позвоночника; $l_{\text{э.в.}}$ – длина эпидуральной вены; $h_{\text{п.э.в.}}$ – толщина эпидуральной вены в поясничном отделе позвоночника; $b_{\text{к.э.в.}}$ – ширина эпидуральной вены в крестцовом отделе позвоночника; $d_{\text{п.п.в.}}$ – диаметр правой подмышечной вены. Данные уравнения также как и уравнения по артериальной системе могут быть использованы для определения возраста конкретных особей.

2.3 Ультразвуковое исследование кровеносного русла байкальской нерпы

Исследование сосудов проводили у особей байкальской нерпы трех возрастных групп: сеголеток, неполовозрелых и половозрелых нерп. Ультрасонографию сосудов у нерп проводили при положении животного на спине, за некоторым исключением: исследование яремных вен и каудального коллектора проводили также в боковом положении, а эпидуральной вены – при положении на животе. При необходимости, если нерпа была беспокойна, использовали станок для фиксации животного.

При проведении сонографии у байкальской нерпы шерсть не сбрасывали, поскольку она короткая и плотно прилегает к коже животного, кроме того, при ее смачивании водой и нанесении на нее контактного геля она не влияла на качество визуализации при проведении исследования.

При ультрасонографии исследовались магистральные сосуды байкальской нерпы, главным образом венозные, а также крупные артериальные сосуды. Точки, где локализуются основные венозные сосуды, из которых по данным литературы возможно взятие крови у тюленей, отмечали на теле нерп водным акриловым маркером, безопасным для кожи животного. В указанных точках также измерялось расстояние от просвета сосудов до кожи.

Яремные вены визуализировались в точке, расположенной на воображаемой линии, проведенной от угла рта животного в каудальном направлении на расстоянии 6 – 13 см. Стенки вен идентифицировались в виде эхогенных линий. Сами вены выявлялись как в продольном, так и поперечном сечении (это связано с их извитостью и формированием анастомозов между собой) в виде анэхогенных структур. Измеренное расстояние от вен до датчика у сеголеток составило от 2,2 до 3,0 см, у неполовозрелых от 2,5 до 3,6 см и у половозрелых нерп – от 3,5 до 4,0 см. Также яремные вены возможно исследовать, помещая датчик на вентральную поверхность шеи, ближе к ее середине, на расстоянии 4-5 см от линии, проведенной между углами нижних челюстей. Вены видны в виде трубчатых анэхогенных структур с эхогенными границами. Ультразвуковое исследование позволяет обнаружить анастомозы между яремными венами.

Вторая точка исследования располагалась вентрально на 1-2 пальца от линии проведенной параллельно основанию грудных ласт на 8-12 см краниальнее последних. В данной точке визуализировались венозные сосуды в виде трубчатых анэхогенных структур разного диаметра с эхогенными границами. Между отдельными венозными сосудами имеются анастомозы. Топографически данной точке ультразвукового исследования соответствует место вливания вен дорсального венозного коллектора во внутреннюю яремную вену и анастомозирования последней с наружной яремной веной. Расстояние до датчика, соответствующее толщине подкожной жировой клетчатки и кожи, показано в таблице 6.

Исследование вен вентролатерального венозного коллектора байкальской нерпы осуществлялось в третьей точке, располагающейся на расстоянии два пальца от вентральной поверхности основания ласт (рисунок 7). Вены вентролатерального коллектора располагаются на глубине от 3,7 до 4,9 см у сеголеток, от 4,4 до 5,8 см у неполовозрелых и от 4,9 до 6,9 см у половозрелых животных от поверхности тела. Стенки вентролатерального коллектора визуализируются в виде округлых или трубчатых анэхогенных образований с неправильными границами в виде эхогенных линий. Диаметры вен вентролатерального коллектора, измеренные при помощи ультразвукового исследования, были достаточно крупными и достигали максимальных значений у половозрелых животных – 10-12 мм.

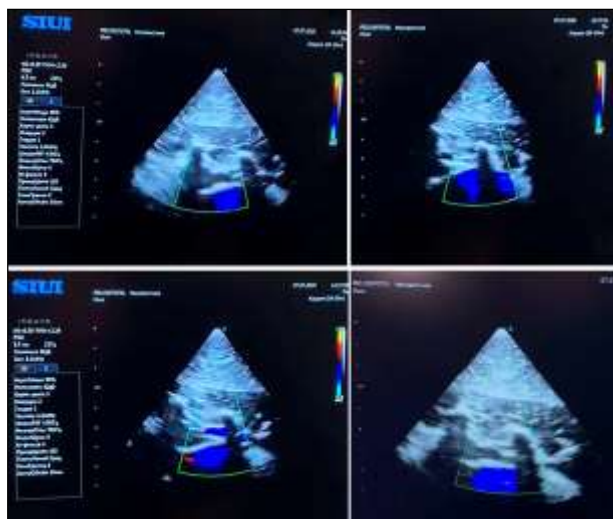


Рисунок 7 – Ультрасонограмма вентролатерального венозного коллектора 12-летней самки байкальской нерпы

Вены вентролатерального коллектора также визуализировались в подмышечной области в основании грудной ласты. Следует отметить, что диаметр визуализируемых вен вентролатерального коллектора в подмышечной области был значительно меньше, чем в предыдущей точке исследования. Максимальное расстояние от просвета вен до датчика было у половозрелых нерп и достигало 3,1 см. Скорость кровотока в исследуемых венах

данного участка составляла 6,53 см/с. В основном вены идентифицировались в поперечном сечении, имели стенки с четко очерченными эхогенными границами.

На плантарной поверхности голени тазовой лапы в ее медиальной части хорошо визуализировались глубокая вена сафена и артерия сафена (точка 5 исследования).

И артерия сафена и глубокая вена сафена располагаются близко к коже. Максимальное расстояние от просвета сосудов до датчика наблюдаемое у половозрелых животных составило всего 0,42 см. При этом диаметр вены сафена был достаточно большим и достигал в данной возрастной группе 1,1 см, измеренная скорость кровотока в данном сосуде имела значение 6,7 см/с. У неполовозрелых животных максимальное расстояние до датчика было еще меньше 0,38 см, а у сеголеток – 0,35 см. Вена сафена и артерия сафена визуализировались в виде трубчатых анэхогенных структур с ровными эхогенными стенками.

Поверхностная вена сафена визуализировалась в основании хвоста на расстоянии 0,19-0,31 см от хвостовых позвонков. Большой диаметр при ультрасонографии имела также вена, располагающаяся на уровне 2-3 крестцовых позвонков латерально от них и залегающая на глубине 2,58 см (у половозрелых животных). Данная вена образуется при слиянии поверхностной вены сафена и глубокой вены сафена.

Пальцевые вены и плантарные плюсневые сосуды (точка 6 исследования), собирающие кровь от пальцев и перепонки тазовых лап, также хорошо визуализируются при исследовании и выглядят также как и глубокая вена сафена. При этом расстояние от просвета сосудов до датчика было самым минимальным среди вышеописанных точек исследования и у половозрелых животных составляло всего 0,22 см. Диаметр плантарных плюсневых вен изменился достаточно мало и составлял 0,98 см у половозрелых животных, а пальцевых – 0,46 см.

Вены поясничного коллектора, собирающие кровь с мышц брюшных стенок, хорошо визуализируются при положении нерпы на боку на уровне подвздошных костей таза. Сосуды поясничного коллектора визуализировались в данном участке в продольном и поперечных разрезах, просвет вен был анэхогенным. Диаметр вен, измеренных при ультразвуковом исследовании, имел максимальное значение у половозрелых животных и в среднем составлял 1,1 см. Расстояние от поверхности тела до просвета вен имело максимальное значение у половозрелых животных – 6,79 см.

Эпидуральную вену исследовали в разных отделах позвоночного столба байкальской нерпы, датчик перемещали под углом латерально от остистых позвонков. При сонографии хорошо визуализировались тела и отростки позвонков, связки, также при размещении датчика под углом к телу позвонков визуализировались межпозвоночные артерии. Эпидуральная вена не визуализировалась. Расстояние от датчика до позвонков в поясничном отделе позвоночника у половозрелых нерп в среднем составляло 6,79 см, в крестцовом отделе его максимальное значение было 5,97 см.

Аорта хорошо визуализируется у байкальской нерпы при сонографии в левой подвздошной области и через брюшную стенку в поперечном разрезе, полость аорты анэхогенная, стенки эхогенные толстые, частично аорта закрывается тенью ребер. При сонографии у нерп частота сердечных сокращений снижалась до 45-60 уд/мин (при свободном плавании в норме у нерпы 120 уд/мин), при данных условиях максимальный диаметр луковицы аорты у исследованных половозрелых животных составлял от 3,62 до 4,53 см.

Стенки каудальной полой вены визуализируются при исследовании средних долей печени и имеют выраженную эхогенность. Печеночный синус, собирающий кровь от печеночных вен, имеет ровные эхогенные стенки. Сонография позволяет измерить размер синуса в поперечном разрезе. Так на рисунке (В) поперечный срез визуализируемой части печеночного синуса у половозрелой нерпы имел длину 9,63 см и ширину 2,35 см. В воротах печени идентифицировалась воротная вена как трубчатая анэхогенная структура с

четкими эхогенными границами. При доплеровском картировании воротная вена имеет красный цвет, что связано с тем, что кровь в воротной вене движется от датчика.

При исследовании сосудов и размещении датчика в области гипогастрия определяются стволы каудальной полой вены, имеющие ровные контуры и обладающие анэхогенностью соответственно их анатомической структуре.

В таблице 6 приведены данные о расстоянии стенки исследуемых сосудов до датчика при ультразвуковом исследовании (таблица 6).

Таблица 6 – Расстояние от поверхности кожи (датчика) до исследуемых сосудов при ультрасонографии (медиана, квартили)

Исследуемые сосуды	Расстояние до поверхности кожи, см		
	Сеголетки	Неполовозрелые	Половозрелые
Яремные вены	2,72 (2,69-2,74)	3,24 (3,18-3,32) *	3,62 (3,50-3,71) * ⁿ
Яремные вены и вены дорсального коллектора	3,73 (3,60-3,81)	4,68 (4,42-4,69) *	4,90 (4,82-5,18) * ⁿ
Вены вентролатерального коллектора	4,44 (4,40-4,62)	5,22 (5,11-5,33) *	6,36 (6,29-6,44) * ⁿ
Корни вен вентролатерального коллектора	2,12 (2,07-2,16)	2,74 (2,67-2,78) *	2,93 (2,90-3,01) * ⁿ
Глубокая вена сафена и артерия сафена	0,35 (0,34-0,35)	0,37 (0,37-0,38) *	0,42 (0,41-0,43) * ⁿ
Пальцевые и плантарные плюсневые вены	0,19 (0,18-0,19)	0,20 (0,19-0,21)	0,22 (0,22-0,23) * ⁿ
Поверхностная вена сафена в месте слияния с глубокой веной сафена	1,94 (1,92-2,10)	2,30 (2,28-2,30) *	2,61 (2,56-2,63) * ⁿ
Вены поясничного коллектора	5,87 (5,82-6,01)	6,32 (6,29-6,40) *	6,89 (6,60-6,93) * ⁿ

Примечание: * – $p < 0,05$ достоверность различий по сравнению с показателями у сеголеток; ⁿ – $p < 0,05$ достоверность различий по сравнению с показателями у неполовозрелых нерп

Как видно из данных таблицы наиболее близко к коже расположены глубокая вена сафена, плантарные плюсневые и пальцевые вены тазовых лап. Кроме того, данные ультрасонографии указывают на то, что диаметр указанных сосудов достаточен для того, чтобы рассматривать их в качестве сосудистого доступа для венопункции, катетеризации и других лечебных манипуляций.

Также близко к коже в исследуемых точках располагаются и артерии, поэтому в случае необходимости исследования артериальной крови можно использовать артерию сафена и плантарные артерии тазовой конечности.

Еще один сосудистый доступ, позволяющий проводить лечебные манипуляции без наркоза и ультразвукового контроля, это вена, образующаяся при слиянии поверхностной вены сафена и глубокой вены сафена на дорсальной поверхности тела нерпы на уровне второго хвостового позвонка. Данный сосуд следует справа и слева вдоль позвоночника от второго хвостового до второго крестцового позвонков и может быть использован для лечебных манипуляций.

Сосуды грудных конечностей менее предпочтительны для использования в качестве сосудистого доступа в связи с их большей подвижностью и возможностью прокола стенки сосудов.

Яремные вены, вены дорсального, вентролатерального, поясничного коллекторов и поверхностную вену сафена также возможно использовать при лечении и диагностики байкальских нерп под контролем аппарата ультразвукового исследования, в том случае, если невозможен доступ к сосудам задних конечностей (лап).

Взятие крови у морского котика, обыкновенного тюленя и некоторых видов ушастых тюленей возможно из межпозвоночных вен и эпидурального венозного синуса (Clark P., 2004; López A.S., 2013; Sobrado A., 2011). Эпидуральную вену байкальской

нерпы мы не рекомендуем рассматривать в качестве сосудистого доступа по ряду причин: для ее прокола требуется наркоз нерп; прокол вследствие отсутствия визуализации возможен только вслепую; эпидуральная вена имеет тонкую стенку и граничит со спинным мозгом, в связи с чем прокол ее стенки может привести к формированию внутрипозвоночных гематом и повреждению спинного мозга.

На основании ультразвукового исследования и практических манипуляций при диспансеризации нерп в нерпинарии ООО «Аквариум Байкальской Нерпы» была разработана методика взятия крови.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенных исследований нами была достигнута поставленная цель и выявлены видовые анатомические особенности в ангиоархитектонике, строении артериальных и венозных магистралей, артерий и вен головы, а также сосудов конечностей у байкальской нерпы.

Основываясь на проведенных исследованиях, нами были сделаны следующие выводы:

1. Аорта байкальской нерпы имеет два выраженных расширения непосредственно в месте выхода из сердца – синус аорты и в области дуги до отхождения плечеголовной артерии – ампурообразное расширение или «луковица» аорты. Диаметр синуса аорты увеличивался в 1,59 раза у бельков, в 1,89 раза у сеголеток, в 2,03 раза у неполовозрелых и 3,01 раза у половозрелых нерп в сравнении с новорожденными. Диаметр «луковицы» аорты также увеличивался с возрастом, и максимальное его значение было отмечено у половозрелых нерп – $43,25 \pm 2,02$ мм. Сильные положительные связи между возрастом, массой и ампурообразным расширением аорты у сеголеток, неполовозрелых и половозрелых байкальских нерп, совершающих частые погружения, свидетельствуют о том, что луковица аорты выполняет важную роль при нырянии. Минимальный диаметр дуги аорты у новорожденных отмечался в участке после отхождения левой сонной артерии, у неполовозрелых животных – перед отхождением левой подключичной артерии, а у бельков, сеголеток и половозрелых нерп – после отхождения левой подключичной артерии. Между дугой аорты и легочным стволом имеется аортальная связка, которая у новорожденных проходима и функционирует как Боталов проток.

2. Стенка дуги аорты эластического типа, ее толщина у новорожденных была одинакова до начала грудной аорты, где отмечалось ее уменьшение в 1,43 раза в сравнении с основанием. В остальных возрастных группах, включая бельков, наибольшая толщина стенки отмечалась в основании и луковице аорты, перед отхождением левой сонной артерии она достоверно снижалась. Выявлено, что в стенке дуги аорты новорожденных и бельков эластические волокна прерывистые, коллагеновые волокна рыхлые, а гладкие мышечные клетки лежат по одиночке, в то время как в остальных возрастных группах они лежат более плотно, формируя пластинчатые единицы. Среднее количество эластических волокон корня и луковицы аорты выше, чем в остальных исследуемых участках аорты. Возрастные изменения стенки дуги аорты отражают адаптацию артериального русла и развитие нырятельных навыков у байкальской нерпы.

3. От дуги аорты левая общая сонная артерия отходит самостоятельно, правая общая сонная артерия отделяется от плечеголовной артерии. Глубоких шейных артерий у байкальской нерпы две пары: первая пара отходит от общих сонных артерий, вторая – от реберно-шейных стволов. Поверхностная шейная артерия отсутствует. Плечешейная артерия достаточно мощная и имеет максимальный диаметр у половозрелых нерп – $4,85 \pm 0,14$ мм, участвует в кровоснабжении не только первого ребра, холки, но и грудной конечности (ласта). Выраженная асимметричность отмечена в диаметре артерий плечеголовного ствола у половозрелых нерп, тогда как у новорожденных диаметр сосудов правой и левой сторон был одинаков (за исключением диаметра подключичных артерий).

Стенка плечеголовной, левой сонной и левой подключичной артерий эластического типа, правая подключичная и правая общая сонная артерии – мышечно-эластического типа. Остальные сосуды плечеголовного ствола мышечного типа.

4. От грудной аорты первая пара межреберных артерий отделялась на уровне 4-6 межреберья. Первые межреберья могут кровоснабжаться как первой парой межреберных артерий, так и ветвями глубокой шейной и внутренней грудной артерий. Отмечено увеличение морфометрических показателей межреберных артерий с возрастом, при этом отсутствовали их достоверные различия между правой и левой сторонами. Бронхопищеводная артерия может отходить бифуркационно на пищевод и бронхи от основания левой сонной артерии. А от грудной аорты она имеет четыре варианта ветвления: при первом варианте – она разветвляется по рассыпному типу на две крупные ветви и несколько мелких артерий; при втором – по магистральному типу, где длинный ствол который по своему ходу отдает два сосуда на пищевод и стенку грудной аорты, а затем на бронхи и сосуды еще три сосуда; при третьем – от бронхопищеводной артерии отходят левая и правая пищеводные артерии, а в области бифуркации трахеи она отделяет по две ветви вправо и влево на трахею и бронхи; при четвертом – бронхопищеводная артерия отделяет в краниальном и каудальном направлении два сосуда, каждый из которых в указанном направлении отделяет по одной ветви на пищевод и на бронхи. Стенка грудной аорты эластического типа.

5. Из париетальных ветвей брюшной аорты отсутствует краниальная брюшная артерия, поясничные артерии отделяются общим стволом и делятся бифуркационно, каудальная диафрагмальная артерия в большинстве случаев отходит у байкальской нерпы самостоятельно, но в 5,41% случаев – от чревной артерии. Первая окружная глубокая подвздошная артерия отделяется от брюшной аорты (у нерпы их две с каждой стороны). Висцеральные артерии имеют множество вариантов ветвления, встречающихся и у наземных хищников. Стенка брюшной аорты мышечно-эластического типа. Средняя крестцовая артерия отделяет три пары крестцовых латеральных артерий, а средняя хвостовая артерия – 7-9 пар мышечных ветвей в ткани хвоста. Наиболее мощная из крестцовых латеральных артерий первая краниальная пара, ее ветви простираются до середины четвертого крестцового позвонка или до первого хвостового у отдельных особей, ее диаметр справа и слева был максимальным у половозрелых нерп – $1,95 \pm 0,04$ мм, $1,94 \pm 0,05$ мм соответственно.

6. Кровоснабжение базальной поверхности головного мозга байкальской нерпы осуществляется ветвями внутренней сонной, позвоночной и затылочной артерий. Внутренняя сонная артерия проходит в барабанной полости в костном канале, в черепной полости при образовании Виллизиева круга – в желобе перекреста зрительных нервов. Затылочная артерия может отходить как от наружных, так и от внутренних сонных артерий. Хорошо развиты артерии двубрюшного мускула, язычная артерия. Глазничные артерии (ветви внутренней челюстной артерии) могут отходить двумя-тремя отдельными артериями, имеющими множество ветвей. Верхнечелюстная артерия проходит по глазнице, затем через короткий верхнечелюстной канал и продолжается непосредственно в толще верхнечелюстной кости в узком подглазничном канале. Диаметр сосудов головы увеличивается с возрастом. В частности отмечено, что максимальные диаметры внутренней и наружной сонных артерий у половозрелых нерп в 1,6 раза были выше, чем у новорожденных.

7. Грудная конечность кровоснабжается подмышечной и плечешейной артериями. Диаметр плечешейной артерии у бельков в среднем увеличивался в 1,71 раза, у сеголеток – в 2,05 раза, у неполовозрелых – в 2,30 раза и у половозрелых нерп – в 2,91 раза в сравнении с новорожденными. Диаметр подмышечной артерии также достоверно увеличивается с возрастом и имеет минимальный размер – у новорожденных (справа $2,84 \pm 0,31$ мм, слева $2,92 \pm 0,34$ мм), максимальный – у половозрелых нерп. При этом наиболее быстрое увеличение диаметра подмышечной артерии отмечалось у сеголеток

(справа в 1,97 раза, слева в 1,82 раза в сравнении с новорожденными). Плечешейная артерия отдает ветви в подлопаточную, предостную, ромбовидную и трапециевидную мышцы. Грудоспинная и подлопаточная артерии отделяются общим стволом. Подлопаточная артерия менее развита. У байкальской нерпы обнаружено два варианта ветвления пястной артерии: в первом случае пястная артерия делится по магистральному типу, во втором случае – по рассыпному типу.

8. Внутренняя подвздошная артерия отходит от брюшной аорты общим стволом с наружной подвздошной артерией. В архитектонике парietальных и висцеральных ветвей тазовой полости анатомические особенности не были выявлены, за исключением отхождения краниальной ягодичной артерии от средней крестцовой артерии (5,41% случаев). Диаметр внутренней подвздошной артерии справа и слева увеличивается у бельков в 1,11 и 1,52 раза, у сеголетов – в 1,88 и 1,94 раза, у неполовозрелых – в 1,91 и 2,18 раза, и у половозрелых нерп – в 2,99 и 3,24 раза соответственно. Наружная подвздошная артерия кровоснабжает тазовую конечность, ее диаметр справа и слева достоверно увеличивается в среднем в 1,33 раза у бельков, в 1,74 раза у сеголетов, в 1,86 раза у неполовозрелых и в 2,66 раза у половозрелых нерп. Первой ветвью наружной подвздошной артерии является мышечная ветвь, анастомозирующая с первой глубокой окружной подвздошной артерией. Вторая глубокая окружная подвздошная артерия может отходить как от наружной подвздошной артерии, так и от каудальной бедренной артерии. Артерия сафена – ветвь бедренной артерии, следуя подкожно, делится на две плюсневые артерии, которые отдают четыре специальные пальцевые артерии, разветвляющиеся в I-V пальцах (вторая артерия отдает ветви на II и III пальцы) и перепонках ласт. Артерии тазовой конечности мышечного типа. Вокруг артерии сафена и плюсневых артерий формируется артериальная чудесная сеть.

9. Отток крови головы начинается корнями верхнечелюстной, небной, клинонебной, глазничных вен в лицевую вену. Отмечено мощное венозное глазничное сплетение вентральной поверхности глазницы. Обнаружены анастомозы между лицевой и латеральной наружной яремной венами, между правой и левой лицевыми венами. Латеральная и медиальная наружные яремные вены сливаясь формируют общую наружную яремную вену. Диаметры латеральной и медиальной наружных яремных вен увеличиваются с возрастом – у половозрелых нерп в 2,71 и 2,68 раза соответственно по отношению к новорожденным. Правый и левый кавернозные синусы принимают кровь с борозд и продольной щели полушарий головного мозга и с глазничного сплетения, формируя циркулярный синус дорсально над Виллизиевым кругом. Отток крови от циркулярного синуса осуществляется внутренними яремными венами выходящими через рваные отверстия несколькими ветвями. Диаметры ветвей внутренних яремных вен новорожденных и бельков не отличались и увеличивались у сеголетов в 1,65 раза, у неполовозрелых нерп в 1,96 раза и у половозрелых в 2,3 раза в сравнении с новорожденными. В венах головы (лицевой, язычной венах, мышечных венах гортани) присутствуют двустворчатые венозные клапаны. Количество клапанов увеличивается с возрастом, в то время как клапанный индекс достоверно увеличивался у половозрелых нерп в сравнении с новорожденными только в мышечных венах, собирающих кровь от гортани и нижней челюсти.

10. Наружная и внутренняя яремные вены формируют мощное венозное вентральное шейное сплетение, которое анастомозирует с позвоночными и эпидуральной веной. Кроме того, у байкальской нерпы обнаружены дорсальный венозный коллектор, который простирается от чешуи затылочной кости до уровня 3-4 межреберья, и в вентральной трети шеи и вентролатеральной части грудной клетки – вентролатеральный. Коллекторы образованы множеством синусоидно расширенных вен, анастомозирующих между собой и собирающих кровь от мышц, принимая участие в депонировании крови, их диаметр в 2-3 раза превышает диаметр артерий. Дорсальный венозный коллектор имеет связи с шейным венозным сплетением, с наружной и внутренней яремными венами,

эпидуральной веной и с непарной веной. Вентролатеральный коллектор связан ветвями с сетью яремных вен и непарной веной. В бассейне краниальной полой вены была обнаружена асимметрия венозного оттока, с правой стороны кровь собирается в правую подключичную вену и вену, идущую непосредственно из сети яремных вен, а с левой стороны – только в левую подключичную вену. Длина левой подключичной вены превышает длину правой подключичной в 4,53 раза у новорожденных, в 4,07 раза у бельков, в 2,94 раза у сеголетов, в 2,98 раза у неполовозрелых и в 2,96 раза у половозрелых нерп. Отмечено, что краниальная полая вена после впадения непарной вены ампулообразно расширяется в 1,78 раза у новорожденных нерп, у нерп других возрастов в 1,65 раза. Непарная вена осуществляет отток крови с межреберных вен до 5-6 межреберья двумя венами слева и справа, которые объединяются на этом уровне в одну общую, принимающую еще 3-4 корня с краниальных межреберьев и эпидуральной вены. Ее диаметр в месте вливания в краниальную полую вену у бельков был достоверно больше в 1,21 раза, у сеголетов в 1,25 раза, у неполовозрелых нерп в 1,82 раза и у половозрелых нерп в 2,35 раза в сравнении с новорожденными нерпами. В ветвях яремных вен и вен вентролатерального коллектора левой стороны в месте их вливания в левую подключичную вену, в правой и левой непарных венах (до 5-6 межреберья) имеются клапаны, количество которых увеличивается в онтогенезе.

11. Каудальная полая вена формируется двумя ассиметричными венами, собирающими кровь от наружной и внутренней подвздошной вен, анастомозирующих между собой и участвующих в формировании тазового коллектора. Сливаясь, вены образуют общую короткую вену (максимальной длиной $30,13 \pm 0,94$ мм) на уровне первых поясничных позвонков (1-3) или последних грудных позвонков (13-14), которая расширяется в печеночный синус. Печеночный синус прилегает к печени, его левая часть короче правой во всех возрастных группах, а ширина больше у новорожденных и бельков. Короткая грудная часть каудальной полой вены начинается на уровне 8-го грудного позвонка после прохождения диафрагмального сфинктера, образованного поперечнополосатой мышцей. В грудную часть каудальной полой вены вливаются две краниальные диафрагмальные вены. Яичниковые и семенниковые вены кроме каудальной полой вены могут вливаться в почечные вены. У поясничного коллектора отсутствуют анастомозы с венозным сплетением почек, но есть анастомозы с яичниковыми венами и непарной веной, а у тазового коллектора – с венозным сплетением семенников. С возрастом отмечается увеличение морфометрических показателей вен бассейна каудальной полой вены, отражающее адаптивные возможности организма нерпы к нырянию.

12. В стенке каудальной полой вены кроме гладкомышечных клеток и коллагеновых волокон были обнаружены эластические волокна. В подэндотелиальном слое внутренней оболочки и в средней оболочке эластические волокна тонкие и лежат в разных направлениях. В то время как в наружной оболочке эластические волокна более мощные и лежат как циркулярно, так и продольно. Толщина стенки каудальной полой вены одинакова у новорожденных и бельков, увеличиваясь у сеголетов в сравнении с новорожденными, а у неполовозрелых и половозрелых нерп – в сравнении с нерпами меньшего возраста. Толщина внутренней оболочки увеличивается у бельков в 1,42 раза, у сеголетов – в 1,92 раза, у неполовозрелых – в 2,70 раза и у половозрелых – в 3,68 раза в сравнении с новорожденными нерпами. Средняя оболочка новорожденных, бельков и сеголетов имеет одинаковую толщину, а у неполовозрелых и половозрелых нерп увеличивается в сравнении с указанными группами. Изменение толщины наружной оболочки сходно с изменением толщины стенки.

13. Воротная вена байкальской нерпы имеет два пути формирования: в первом случае она образуется слиянием желудочно-селезеночной вены и краниальной брыжеечной вены, во втором – в воротную вену вливается селезеночная вена, собирающая кровь с селезенки и с левой желудочно-сальниковой вены, и одновременно левая

желудочная вена и краниальная брыжеечная вены. Длина и диаметр воротной вены увеличиваются у бельков в 1,33 и 1,39 раза, у сеголеток – в 2,41 и 2,39 раза, у неполовозрелых в 2,98 и 2,71 раза и у половозрелых в 3,87 и 3,20 раза. Отток крови из прямокишечных вен осуществляется во внутреннюю подвздошную вену, входящую в состав тазового коллектора. У байкальской нерпы воротная вена короткая и в воротах печени разделяется, либо на короткую правую и длинную левую вены (70%), либо на две одинаковых по длине (30%).

14. Вены грудного лапа начинаются на пальмарной поверхности четырьмя пальцевыми венами, собирающими кровь от перепонки и пальцев, и вливаются в пястное венозное сплетение. От которого с латеральной поверхности отходят три-четыре вены в лучевую вену, с медиальной – однокорневая локтевая вена, а также – тонкие извитые вены, формирующие сеть вдоль срединной артерии и анастомозирующие с ее артериальными ветвями. У локтевой и лучевой вены имеются коллатеральные сосуды, анастомозирующие несколькими ветвями с основными магистральями, мощный венозный анастомоз обнаружен между локтевой и лучевой венами, а между плечевой веной и плечевой артерией – артериовенозный анастомоз, образованный пучком тонких сосудов. Диаметр локтевой, лучевой и плечевой вен увеличивается с возрастом у половозрелых нерп в 3,5-3,6 раза по отношению к новорожденным. Указанные магистрали заканчиваются в вентролатеральном коллекторе. Поверхностная магистраль формируется на дорсолатеральной поверхности лап слиянием корней первой пальцевой и четвертой пальцевой вен и представлена короткой пястной веной, парными венами предплечья и плеча с многочисленными анастомозами. Вены поверхностной магистрали также вливаются в вентролатеральный коллектор. В локтевой и лучевой венах, а также в поверхностных медиальной и латеральной венах плеча были обнаружены клапаны. Количество клапанов увеличивалось в возрастном аспекте во всех указанных венах, в то время как клапанный индекс достоверно увеличивался только в латеральной вене плеча.

15. Правая и левая внутренняя и наружная подвздошные вены собирают кровь от органов тазовой полости и тазовых конечностей в правую и левую каудальные полые вены и участвуют в образовании тазового коллектора. Диаметр внутренней подвздошной вены справа и слева у бельков достоверно увеличивался в 1,88 и в 1,79 раз, у сеголеток – в 3,21 раза и в 2,89 раз, у неполовозрелых – в 3,47 и в 3,00 раз и у половозрелых нерп – в 5,91 и в 5,15 раз соответственно в сравнении с новорожденными. Диаметры наружной подвздошной артерии правой и левой стороны у бельков достоверно увеличивались в 1,72 и в 1,88 раз, у сеголеток – в 2,66 и в 3,22 раз, у неполовозрелых – в 3,66 и в 3,87 раз и у половозрелых нерп – в 5,46 и в 5,80 раз соответственно в сравнении с новорожденными нерпами. В тазовом коллекторе принимают участие и париетальные и висцеральные вены таза (краниальная ягодичная вена, каудальная ягодичная вена, запирающая вена, подвздошно-поясничная вена, внутренняя срамная вена и прямокишечные вены), а также вены, собирающие кровь с тазовой конечности (передняя, задняя большеберцовые и вена сафена). При впадении в тазовый коллектор хвостовая вена, соединясь с запирающими венами формирует мощный анастомоз над мочевым пузырем между правой и левой половинами венозного коллектора таза. Поверхностная вена сафена у байкальской нерпы развита слабо, она также выходит из венозного сплетения заплюсневого сустава на дорсолатеральную поверхность, а впоследствии вливается в глубокую вену сафена. В передней и задней большеберцовых венах, в глубокой и поверхностной венах сафена имеются клапаны. Наибольшее количество клапанов у байкальской нерпы наблюдалось в глубокой вене сафена и задней большеберцовой вене. Во всех венах тазового лапа, клапаны были в основном сосредоточены в месте их вливания в тазовый коллектор.

16. Эпидуральная вена простирается от большого затылочного отверстия до хвостовых позвонков и располагается в шейном отделе позвоночника дорсально и вентрально по отношению к спинному мозгу и дорсально в остальных отделах позвоночного столба. Ее длина у половозрелых нерп увеличивалась в 2,69 раза в

сравнении с новорожденными нерпами. Максимальная ширина эпидуральной вены у новорожденных была в поясничном отделе позвоночника, у бельков – в шейном и поясничном отделах, у сеголеток – в шейном, у неполовозрелых – в грудном и у половозрелых – в грудном и поясничном отделах. Эпидуральная вена анастомозирует с четырьмя венозными коллекторами и вентральным шейным сплетением. Характер корреляционных связей ширины и толщины эпидуральной вены с морфометрическими показателями вен бассейнов краниальной и каудальной полых вен значительно отличается в исследованных возрастных группах: у бельков наблюдаются как отрицательные, так и положительные сильные корреляционные связи, у сеголеток, неполовозрелых и половозрелых нерп – только отрицательные корреляционные связи. Указанные корреляционные связи у бельков констатируют рост показателей сосудов и перераспределение крови, а в остальных возрастных группах – только перераспределение.

17. Выявленные наиболее значимые морфометрические показатели артериального и венозного русла сосудов большого круга кровообращения у исследуемых животных при помощи функций классификации позволяют определять возрастную группу животных.

18. Выявлены точки инъекционного доступа к следующим артериям и венам, которые важно учитывать при диагностике, оперативных вмешательствах и лечении: яремным венам, венам дорсального, вентролатерального и поясничного коллекторов, вене сафена и артерии сафена тазового лапа, плантарным плюсневым артериями и венам, пальцевым венам тазовой конечности. Расположенные подкожно пальцевые, плюсневые вены, вена сафена и артерия сафена являются наиболее оптимальными не только для взятия проб крови, но и для других лечебных манипуляций.

Практические предложения

Полученные фактические данные о морфофункциональных особенностях артериального и венозного русла, обосновании сосудистого доступа у байкальской нерпы рекомендуются для использования при:

1. Написании разделов монографий, учебных пособий и справочных руководств «Сердечно-сосудистая система животных», «Физиология сердечно-сосудистой системы животных», «Анатомия диких и экзотических животных», «Патология кровеносного русла диких и экзотических животных». В учебном процессе при проведении дисциплин «Анатомия животных», «Клиническая анатомия», «Цитология, гистология и эмбриология», «Оперативная хирургия», «Диагностика болезней животных» факультетов учебных заведений ветеринарного и биологического профиля.

2. Ультразвуковых исследованиях кровеносного русла байкальской нерпы и других ластоногих.

3. Разработке сосудистого доступа для диагностики и лечения байкальских нерп.

4. Морфометрические показатели артериальных и венозных сосудов рекомендуется использовать как референсные значения при лечении и диагностики заболеваний у байкальских нерп разного возраста.

5. Определении принадлежности к определенной возрастной группе по показателям артериального и венозного русла у байкальской нерпы использовать «Способ определения возрастной группы у байкальской нерпы на основе полученных дискриминантных функций артериального русла» (заявка на изобретение регистрационный номер 2025136648 от 26.01.25) как в судебной ветеринарной медицине, так и при реабилитации диких зверей и в научных целях.

Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы

Видовые и возрастные особенности ангиоархитектоники большого круга кровообращения байкальской нерпы могут быть полезны с целью дальнейшего изучения процессов патогенеза кровеносной системы, а также эффективной разработки методов патогенетической терапии при ее лечении. Дальнейшие исследования эндотелия и

выделяемых им сосудистых факторов (простациклин, NO, эндотелин) у байкальской нерпы позволят получить новейшие данные по регуляции тонуса сосудов и кровотока, в том числе при погружении, как в искусственных, так и в естественных условиях содержания.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованные в журналах, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ:

1. **Аникиенко, И.В.** Особенности строения венозного участка при переходе каудальной полый вены в наружную и внутреннюю подвздошные вены у байкальской нерпы / И.В. Аникиенко, Н.И. Рядинская, О.П. Ильина, А.А. Молькова // Морфология. – 2019. – Т. 156, № 6. – С. 82.
2. **Аникиенко, И.В.** Особенности артериального кровоснабжения грудной конечности байкальской нерпы (*Pusa sibirica* Gmelin, 1788) / И.В. Аникиенко, С.А. Сайванова, О.П. Ильина // Ишпология и ветеринария. – 2020. – № 1 (35). – С. 26-27.
3. Рядинская Н.И. Архитектоника кровеносных сосудов дуги аорты, чревной и надпочечниковых артерий байкальской нерпы / Н.И. Рядинская, **И.В. Аникиенко**, А.А. Молькова [и др.] // Морфология. – 2020. – Т. 158, № 4-5. – С. 53-59.
4. **Аникиенко, И.В.** Строение стенки сонных артерий у байкальской нерпы / И.В. Аникиенко, О.П. Ильина // Морфология. – 2020. – Т. 157, № 2-3. – С. 18.
5. Сайванова С.А. Топография и кровоснабжение подмышечного лимфатического узла байкальской нерпы (*Pusa sibirica* Gmelin 1788) / С.А. Сайванова, **И.В. Аникиенко**, Н.И. Рядинская, О.П. Ильина // Ишпология и ветеринария. – 2020. – № 1 (35). – С. 86-87.
6. **Аникиенко И.В.** Система каудальной полый вены у новорождённой байкальской нерпы / И.В. Аникиенко, Н.И. Рядинская, Е.А. Петров, О.П. Ильина // Ишпология и ветеринария. – 2024. – № 1 (51). – С. 47-56.
7. **Аникиенко И.В.** Артерии головы у байкальской нерпы (*Pusa sibirica*, Phocidae) в возрастном аспекте / И.В. Аникиенко, Н.И. Рядинская, Х.Х. у. Вохидов, Д.Р. Иконникова // Ишпология и ветеринария. – 2025. – № 1 (55). – С. 16-25.
8. **Аникиенко, И.В.** Архитектоника кровеносных сосудов грудной конечности (ласты) байкальской нерпы в постнатальном онтогенезе / И.В. Аникиенко // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2025. – № 4 (114). – С. 228-235.
9. **Аникиенко, И.В.** Бассейн краниальной полый вены байкальской нерпы (*Pusa sibirica*, Phocidae) в возрастном аспекте / И.В. Аникиенко // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2025. – № 2(79). – С. 23-29.
10. **Аникиенко, И.В.** Гистологические особенности дуги аорты байкальской нерпы в возрастном аспекте / И.В. Аникиенко, Н.И. Рядинская // Вестник КрасГАУ. – 2025. – № 3 (216). – С. 118-130.
11. **Аникиенко, И.В.** Микроструктура каудальной полый вены и ее сфинктера у байкальской нерпы / И.В. Аникиенко // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2025. – № 5. – С. 114-120.
12. **Аникиенко, И.В.** Плечеголовной ствол байкальской нерпы: архитектоника и гистологическая структура его ветвей / И.В. Аникиенко, Н.И. Рядинская // Ишпология и ветеринария. – 2025. - № 4 (58). – С. 14-25.
13. **Аникиенко, И.В.** Практическое использование результатов исследования сосудистой системы байкальской нерпы в ветеринарной медицине / И.В. Аникиенко, Н.И. Рядинская // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2025. – № 6. – С. 136-142.
14. **Аникиенко, И.В.** Эпидуральная вена байкальской нерпы (*Pusa sibirica*, Phocidae) / И.В. Аникиенко // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2025. – № 2 (58). – С. 71-77.

15. **Аникиенко, И.В.** Ветвление артерий брюшной аорты байкальской нерпы / И.В. Аникиенко // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2026. – № 1. – С. 138-145.

16. **Аникиенко, И.В.** Вены таза и тазовой конечности байкальской нерпы (*Pusa sibirica* Gmelin, 1788) / И.В. Аникиенко // Ученые записки Казанской академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2026. – Т. 265 (1). – С. 17-24.

Статьи, опубликованные в изданиях, включенных в международные реферативные базы данных и системы цитирования (Scopus, WoS (SCIE)):

17. **Бабушкина, И.В.** Структурные и функциональные особенности сосудистого эндотелия / И.В. Бабушкина, А.С. Сергеева, Ю.И. Пивоваров [и др.] // Кардиология. – 2015. – Т. 55, № 2. – С. 82-86.

18. Ryadinskaya, N. Identification of causes of death of baikal seal (*Pusa sibirica* Gmelin, 1788) / N. Ryadinskaya, I. Meltsov, M. Tabakova, **I. Anikienko** [et al.] // Turkish Journal of Zoology. – 2020. – Vol. 44, No. 1. – P. 60-63.

19. **Аникиенко, И.В.** Кожа байкальской нерпы (*Pusa sibirica*, Phocidae): Норма и Патология / И.В. Аникиенко, Н.И. Рядинская, Е.А. Петров [и др.] // Зоологический журнал. – 2025. – Т. 104, № 1. – С. 93-111.

20. **Anikienko, I.V.** Skin of the Baikal Seal (*Pusa sibirica*, Phocidae): Norm and Pathology / I.V. Anikienko, N.I. Ryadinskaya, E.A. Petrov [et al.] // Biology Bulletin. – 2025. – Vol. 52. – P. 316 (1-17).

Учебные пособия:

21. Рядинская, Н.И. Скелет байкальской нерпы: учебное пособие / Н.И. Рядинская, **И.В. Аникиенко**, Д.Р. Иконникова [и др.]; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского. – Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2020. – 61 с.

22. **Аникиенко, И.В.** Анатомия и физиология сердечно-сосудистой системы животных / И.В. Аникиенко, Н. И. Рядинская, В. Н. Тарасевич; Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Издательско-книготорговый центр "Колос-с", 2021. – 224 с.

Научно-методические рекомендации:

23. **Аникиенко, И.В.** Ультразвуковые исследования кровеносных сосудов байкальской нерпы: научно-методические рекомендации / И.В. Аникиенко, Н.И. Рядинская. – Иркутский гос. аграрный ун-т. – Молодежный: Изд-во ИрГАУ, 2025. – 40 с.

Статьи в иных научных журналах, материалах и сборниках конференций:

24. **Аникиенко, И.В.** Анатомические особенности ветвления артерий дуги аорты байкальской нерпы / И.В. Аникиенко, Н.И. Рядинская, О.П. Ильина // Пресноводные экосистемы – современные вызовы: Тезисы докладов и стендовых сообщений международной конференции, Иркутск, 10–14 сентября 2018 года. – Иркутск: ООО "Мегапринт", 2018. – С. 91-92.

25. Ryadinskaya, N.I. The structure and blood supply to the Baikal seal's organ of hearing / N.I. Ryadinskaya, **I.V. Anikienko**, O.P. Ilyina, D.R. Ikonnikova // Limnology and Freshwater Biology. – 2020. – No. 4. – P. 626-627.

26. Sayvanova, S.A. Topography and blood supply to the mandibular lymph node of the Baikal seal (*Pusa sibirica* Gmelin, 1788) in ontogenesis / S.A. Sayvanova, N.I. Ryadinskaya, **I.V. Anikienko**, O.P. Ilyina // Limnology and Freshwater Biology. – 2020. – No. 4. – P. 814-815.

27. **Аникиенко, И.В.** Система каудальной полой вены байкальской нерпы (*Pusa sibirica* Gmelin, 1788) / И.В. Аникиенко // Морские млекопитающие Голарктики: сборник тезисов XI-ой

Международной конференции, Москва, 01–05 мая 2021 года. – Москва: Издательство РОО Совет по морским млекопитающим, 2021. – С. 13.

28. **Аникиенко, И.В.** Морфология клеток крови байкальской нерпы (*Pusa sibirica* Gmelin, 1788) / И.В. Аникиенко, Н.И. Рядинская // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии : материалы XI Международной научно-практической конференции, Иркутск, 28–29 апреля 2022 года. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2022. – С. 380-383.

29. **Аникиенко, И.В.** Особенности морфологии непарной вены у байкальской нерпы / И.В. Аникиенко, В.Н. Тарасевич, Н.И. Рядинская // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: Сборник VIII Всероссийской (национальной) научной конференции с международным участием, Новосибирск, 20 декабря 2023 года. – Новосибирск: ИЦ НГАУ "Золотой колос", 2023. – С. 324-327.

30. Рядинская, Н.И. Анатомические особенности органов, участвующих в механизме глубоководного погружения у байкальской нерпы / Н.И. Рядинская, **И.В. Аникиенко**, О.П. Ильина [и др.] // Развитие агропромышленного комплекса в науке и образовании Российской Федерации в период цифровизации: Сборник материалов международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 18–21 сентября 2024 года. – Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет, 2024. – С. 178-182.

31. **Аникиенко, И.В.** Легочной ствол байкальской нерпы / И.В. Аникиенко, Н.И. Рядинская // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии: Материалы XIII Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского», п. Молодежный, 25–26 апреля 2024 года. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2024. – С. 308-314.

32. Рядинская, Н.И. Анатомические особенности в строении и топографии тонкого отдела кишечника байкальской нерпы / Н.И. Рядинская, **И.В. Аникиенко**, О.П. Ильина // Инновационные достижения ветеринарной науки и практики: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию доктора ветеринарных наук, профессора, заслуженного деятеля науки Российской Федерации Тарнуева Юрия Абогоевича, Улан-Удэ, 14–16 июля 2024 года. – Улан-Удэ: Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова, 2024. – С. 123-130.

33. Рядинская, Н.И. Мышцы головы у байкальской нерпы в возрастном аспекте / Н.И. Рядинская, **И.В. Аникиенко**, О.П. Ильина [и др.] // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии: Материалы XIII Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского», п. Молодежный, 25–26 апреля 2024 года. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2024. – С. 390-395.

34. **Аникиенко, И.В.** Артериальное и венозное русло тазовой конечности (ласты) байкальской нерпы / И.В. Аникиенко // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии: Материалы XIV Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию Победы в Великой Отечественной войне, п. Молодежный, 24–25 апреля 2025 года. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2025. – С. 328-335.

35. **Аникиенко, И.В.** Микроструктура брюшной аорты байкальской нерпы / И.В. Аникиенко // Оренбургский медицинский вестник. – 2025. – Т. 13, № 2 (50). – С. 63-64.

36. **Аникиенко, И.В.** Чудесная сеть задних конечностей (ласт) байкальской нерпы / И.В. Аникиенко, Н.И. Рядинская // VIII Международная Верещагинская Байкальская конференция: тезисы докладов и стендовых сообщений / ЛИИ СО РАН. – Иркутск: Издательство ИГУ, 2025. – С. 42-43.

37. Рядинская, Н.И. Анатомические особенности костей стилоподия и зейгоподия тазовой конечности (ласты) байкальской нерпы в постнатальном онтогенезе / Н.И. Рядинская, О.П. Ильина, **И.В. Аникиенко** // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии: Материалы XIV

Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию Победы в Великой Отечественной войне, п. Молодежный, 24–25 апреля 2025 года. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2025. – С. 419-425.

38. **Аникиенко, И.В.** Видовые особенности кровеносного русла большого круга кровообращения байкальской нерпы / И.В. Аникиенко, Н.И. Рядинская // Актуальные вопросы прикладной морфологии: Сборник трудов Международного научно-практического симпозиума, г. Москва, 20 марта 2026 года. – М.: ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина, 2026. – С. 15-16.

39. **Аникиенко, И.В.** Воротная вена байкальской нерпы / И.В. Аникиенко // Актуальные вопросы прикладной морфологии: Сборник трудов Международного научно-практического симпозиума, г. Москва, 20 марта 2026 года. – М.: ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина, 2026в. – С. 16-17.

Заявки на патент

40. Заявка на патент РФ № 2025136648 «Способ определения принадлежности байкальской нерпы к возрастной группе по морфометрическим параметрам артериальных сосудов» / **Аникиенко И.В.**, Рядинская Н.И.; подана 19.12.2025; статус: прошла формальную экспертизу 26.01.2026.

41. Заявка на патент РФ № 2026107655 «Способ изготовления анатомических препаратов сосудов и органов для морфологических исследований» / Рядинская Н.И., **Аникиенко И.В.**, Иконникова Д.Р., Вохидов Х.Х. угли, Помойницкая Т.Е., Молькова А.А., Сайванова С.А., Ильина О.П.; подана 23.03.2026; статус: на рассмотрении.

42. Заявка на патент РФ № 2026107657 «Прибор для изготовления анатомических препаратов сосудов и органов человека и животных» / **Аникиенко И.В.**, Рядинская Н.И.; подана 23.03.2026; статус: на рассмотрении.

Лицензия на издательскую деятельность

ЛР № 070444 от 11.03.98 г.

Подписано в печать 02.07.2026 г.

Тираж 150 экз.

Объем 2,0 усл. печ. листа

Издательство ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ
664038, Иркутская обл., Иркутский р-н,
пос. Молодежный