

УДК 599.745.3 : 591.483

АНАТОМО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ОЧЕРК ПЛЕЧЕВОГО СПЛЕТЕНИЯ КАСПИЙСКОЙ НЕРПЫ (*PUSA CASPICA*)

Г. И. Василевская, М. В. Веселовский

Институт зоологии НАН Украины, ул. Б. Хмельницкого, 15, Киев-30, ГСП, 252601 Украина

Получено 9 марта 1998

Анатомо-функциональный очерк плечевого сплетения каспийской нерпы (*Pusa caspica*). Василевская Г. И., Веселовский М. В. — В грудной конечности (ГК) этого вида, которая выполняет вспомогательные локомоторные функции, представлены все звенья ГК наземных млекопитающих. В скелете — четкие признаки вторичных модификаций, большинство мышц хорошо развиты. Уровни выхода нервов плечевого сплетения (ПС) совпадают с таковыми в ряду представителей наземных хищных, — CIV-ThI-II. В общем схема компоновки ПС отражает один из вариантов иннервации конечности с ограниченным набором двигательных актов.

Ключевые слова: Pinnipedia, *Pusa caspica*, морфология, нервная система, грудная конечность.

The Anatomical-functional Survey of the Brachial Plexus of Caspian Seal (*Pusa caspica*). Vasilevskaya H. I., Veselovsky M. V. — In this seals species all the parts of terrestrial fore leg are presented in this species of seal. Brachial plexus (BP) nerves leave the spinal cord at levels of CIV-ThI-II, thus their departure coincides with that of predator mammals. There is a typical set of separated nerves for the belt and free extremity, although they are shortened. The skeleton has clearly signs of secondary modifications, most muscles are well developed. In common, the composition pattern of BP reflects one of structural variances for innervation of leg capable to perform a limited range of motor acts.

Key words: Pinnipedia, *Pusa caspica*, morphology, neural system, pectoral extremity.

Введение

Каспийская нерпа значительную часть времени проводит в открытом море, и, как у всех настоящих тюленей, ее главным движителем в водной среде, наряду с ундуляциями корпуса, являются задние конечности. Передние конечности, которые Рей (1963) характеризует как маломощные, при локомоции в воде выполняют вспомогательные функции — балансира, рулей поворота, несущей плоскости. При передвижении по твердому субстрату нерпа опирается на кисть и предплечье. Наличие фаланг пальцев и когтей указывает на возможность по крайней мере царапающих движений. Имеющиеся сведения о роли конечностей в моторике ластоногих, в частности, фоид, включая исследования кинематики и гидродинамических эффектов, основаны на изучении внешнего строения этих органов и выполняемых ими действий. Описаны скелет и мускулатура обыкновенного тюленя (Howell, 1930), макроскопическое строение спинного мозга некоторых ушастых и настоящих тюленей (Соболевский, 1978), фрагментарно — иннервация конечностей ластоногих (Dastuge, 1972). В целом же имеющиеся работы достаточны лишь для самого общего представления об особенностях структур и механизмах, посредством которых осуществляется своеобразное функционирование конечностей ластоногих. Эти вопросы представляют интерес и в эволюционном отношении.

Материал и методы

Нами исследованы грудные конечности 6 экз. каспийской нерпы (*Pusa caspica* Gmel., 1788) длиной тела 60–100 см. Уровни отхождения спинномозговых нервов, образующих плечевое сплетение (ПС), их дальнейший ход и распределение в структурах конечности изучали методом макро- и микро-препарирования. Для уточнения топографии нервов произведена рентгенография грудных конечностей двух особей, фиксированных в формалине.

Результаты и обсуждение

Постоянными источниками плечевого сплетения каспийской нерпы являются вентральные ветви 3 последних шейных (CVI-CVIII) и первого грудного спинномозгового нервов (ThI). В 2 случаях в сплетение включалась ветвь из ThII. Ветви CV и CVI обмениваются волокнами с симпатическим стволом; взаимоотношения расположенных каудальнее ветвей с вегетативной нервной системой более сложны, они будут описаны ниже.

От вентральной ветви нерва (CVI) приблизительно в 1,5–2 см ниже поперечных отростков позвонков отходят нервы, направляющиеся в мускулатуру шеи, а в 2–3 см дистальнее — ответвляется нерв, который вскоре делится дихотомически на диафрагмальный нерв (в его образовании участвует и ветвь CV) и ветвь, которая при участии нерва CVII образует подлопаточные нервы (рис. 1, 2). Далее, после отхождения еще одной соединительной ветви 7-му спинномозговому нерву, нерв CVI образует надлопаточный нерв.



Рис. 1. Схема строения плечевого сплетения (ПС) *Pusa caspica*: CV-ThI — вентральные ветви спинномозговых нервов. 1 — общий ствол ПС: 1 — диафрагмальный нерв; 2 — надлопаточный; 3 — подлопаточный; 4 — подкрыльцовый; 5 — лучевой; 6 — мышечно-кожный; 7 — срединный; 8 — локтевой; 9, 10 — грудные (на схеме отвернуты); 11 — соединительные ветви с СКШЗГ; 12 — соединительные ветви между ветвями спинальных нервов; 13 — соединительные ветви между ветвями одного спинального нерва.

Fig. 1. Scheme of the brachial plexus (BP) structure of *Pusa caspica*: CV-ThI — the ventral branches of the spinal nerves. 1 — the common trunk of the brachial plexus: 1 — the phrenic nerve; 2 — the supraclavicular nerve; 3 — the subscapular nerve; 4 — the axillary nerve; 5 — the radial nerve; 6 — the musculocutaneous nerve; 7 — the median nerve; 8 — the ulnar nerve; 9, 10 — the pectoral nerves; 11 — the connective branches with sympathetic ganglion (CCGS); 12 — the connective branches between the branches of the spinal nerves;

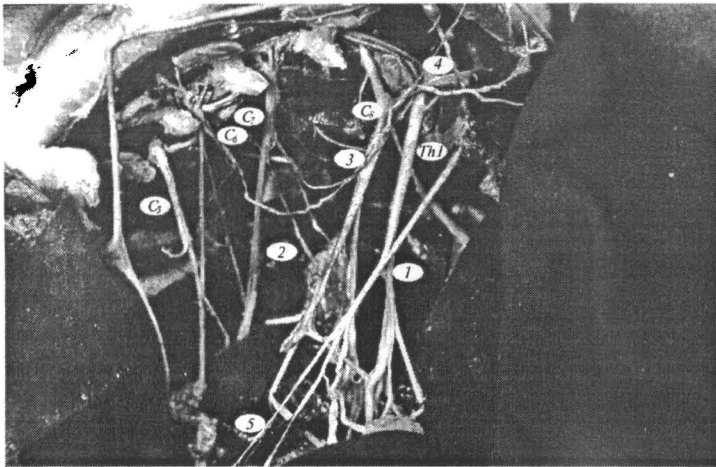


Рис. 2. Плечевое сплетение каспийской нерпы: CV-Th1 — ветви спинномозговых нервов: 1 — общий ствол ПС; 2 — соединительные ветви; 3 — диафрагмальный; 4 — симпатический ганглий (СКШЗГ); 5 — грудные нервы.

Fig. 2. The brachial plexus (*Pusa caspica*): CV-Th1 — the branches of the spinal nerves; 1 — the common trunk of the BP; 2 — the connective branches; 3 — the phrenic nerve; 4 — the sympathetic ganglion (CCGS); 5 — the pectoral nerves.

Седьмой спинальный нерв (вентральная ветвь) (рис. 1, 2), снабдив ветвью шейную мускулатуру и обогнув поперечный отросток, отдает несколько веточек симпатическому узлу (сращенный каудальный шейный и звездчатый узел). В центральной части CVII делится на 3 крупные ветви. Первая из них, расположенная дорсально, присоединяет ветвь CVI, обменивается волокнами со второй ветвью и направляется к медиальной поверхности лопатки как единый подлопаточный нерв. Вторая ветвь следует к медиальной поверхности лопатки и плеча (его дистальной части) и подразделяется на подкрыльцовый нерв и ветвь ("ножку") лучевого нерва. Третья ветвь вместе с волокнами CVI, присоединив их в своей центральной части, проходит вентрально от второй (рис. 1, Л). В дистальной части третья ветвь, отдав мощный пучок ("ножку") для образования срединного нерва, следует к медиальной поверхности плеча уже как мышечно-кожный нерв (рис. 1, б).

Восьмой спинальный нерв в своей проксимальной части, так же как и CVII, получает 1–2 веточки от общего каудального шейного и звездчатого ганглия и направляет ветви в позвоночную мускулатуру и мышцы шеи. CVIII вначале следует латеро-вентрально. Кпереди от первого ребра, на 5–7 см дистальнее поперечных отростков позвонков, CVIII присоединяет основной объем волокон первого грудного нерва, за счет этого образуется очень короткий ствол плечевого сплетения. Ствол покрыт тонким периневрием, позволяющим проследить ход внутривольных пучков. Первый грудной нерв, обменявшись соединительными ветвями с симпатическим узлом, отдает дорсальную мышечную ветвь и объединяется с 8-м шейным нервом.

Отмеченный выше общий нервный ствол длиной у взрослых особей 1–1,5 см расщепляется на 3 крупные ветви (рис. 1, I; 2, Л). Краниальная ветвь направляется кранио-вентрально к внутренней поверхности лопатки и, не доходя до уровня плечевого сустава, объединяется с ветвью CVII, образуя лучевой нерв (рис. 1, 5; 3, 2). Средняя ветвь подходит к лопатке каудальнее предыдущей. От нее отходит локтевой нерв, следующий в мускулатуру плеча (рис. 1, 8; 3, 4), и один из грудных каудальных нервов. Сама ветвь, объединившись с ветвью из CVII, формирует срединный нерв (рис. 1, 7; 3, 5).



Рис. 3. Плечевое сплетение; длинные ветви: 1 — подкрыльцовый нерв; 2 — лучевой; 3 — мышечно-кожный; 4 — локтевой; 5 — срединный; 6 — грудные н. н.; 7 — подлопаточный.

Fig 3. The brachial plexus; the long branches: 1 — the axillary nerve; 2 — the radial nerve; 3 — the musculocutaneous nerve; 4 — the ulnar nerve; 5 — the median nerve; 6 — the pectoral nerves; 7 — the subscapular nerve.

иннервирующие сильно развитую большую спины (рис. 1, 10; 2, 5).

Короткие и длинные ветви плечевого сплетения

Надлопаточный нерв (*n. suprascapularis*, рис. 1, 2) — самый краниальный из нервов сплетения, формируется волокнами 6-го и 7-го шейных нервов. Преобладают волокна из CVI, так как с CVII имеются только 2 небольшие соединительные веточки. Предлопаточный нерв делится дихотомически, более крупная ветвь расположена каудально. Она подходит к мускулатуре наружной поверхности лопатки, внедряется в нее между дельтовидной и предостной мышцами, делится на ветви для предостного и заостного мускулов, посылает веточку к капсуле плечевого сустава. От краниальной ветви через 4–5 см отходит нерв, следующий на латеральную поверхность лопатки в области верхней трети краниального края. Он распространяется на поверхности дельтовидной мышцы. Краниальная ветвь подходит к атлантлопаточной мышце.

Подлопаточный нерв (*n. subscapularis*, рис. 1, 3; 3, 7) образован спинномозговыми нервами CVII и CVI; следует к медиальной поверхности лопатки единым нервом, подходит к границе дистальной и средней трети подлопаточной мышцы, уплощается, рассыпается на несколько ветвей и вступает в мускул.

Таким образом, основные длинные ветви плечевого сплетения (лучевой, срединный, локтевой и мышечно-кожный нервы), а также подкрыльцовый нерв подходит к плечу и лопатке с медиальной стороны общим пучком. Вместе с нервами к конечности подходит и подмышечная артерия, располагаясь латеральнее ветвей общего ствола. На уровне формирования лучевого нерва от нее отделяется акромиальная артерия, а затем она сразу же дихотомически делится на подлопаточную и плечевую артерии. Плечевая артерия вступает в мускулатуру свободной конечности позади срединного нерва.

Третья ветвь описываемого нервного ствола состоит из 2 раздельно проходящих пучков; они видны под тонким периневрием. Один из них почти полностью состоит из волокон ThI. Во втором преобладают волокна CVII; он обменивается волокнами с грудным нервом из CVII (рис. 1). Несколько нервов отходят от каудальной ветви магистрально, дистальный участок распадается по рассыпному типу на 6–8 веточек. Это грудные нервы, грудную мышцу и широчайшую

Подкрыльцовый нерв (n. axillaris, рис. 1, 5; 3, 2) — один из краниальных нервов сплетения; источники его — CVII и небольшое количество волокон CVI. Этот нерв направляется к верхней трети реберной поверхности лопатки, ближе к краниальному краю и еще до внедрения в мускулатуру лопатки (пояса) разделяется на 3 ветви. Наиболее мощная из них проходит между подлопаточным и большим круглым мускулами, следует вдоль капсулы плечевого сустава, проходя между сильно развитыми головками трицепса, поворачивает на дорсальную поверхность лопатки и подходит к дельтовидной мышце плоским пучком. Пучок внедряется в мышцу с ее медиальной (прилегающей к лопатке) стороны, делаясь по рассыпному типу. Вторая ветвь иннервирует большой круглый мускул, погружается в его центральную часть. Третья ветвь делится дихотомически и вступает в подлопаточную мышцу.

Лучевой нерв (n. radialis, рис. 1, 5; 3, 2) — длинная ветвь плечевого сплетения, в образовании которой принимают участие VII и VIII шейные нервы, могут включаться волокна из VI шейного и I грудного нервов. Подойдя с медиальной стороны лопатки вместе с локтевым, срединным нервами и плечевой артерией к ее каудальному краю, он распадается на 2 ветви. Более каудальная, основная, огибает плечевую кость и выходит на дорсальную поверхность предплечья, проходит под лучевым и общим пальцевым разгибателями, иннервирует все разгибатели запястья и кисти (рис. 6, 7). От этой ветви дистальнее области сустава отделяется относительно слабый поверхностный лучевой нерв (рис. 6, 2), следует в межкостном пространстве предплечья, в области запястья распадается на дорсальные пястные нервы (рис. 6, 3), дистальнее — на дорсальные пальцевые нервы (рис. 6, 4). От поверхностного лучевого нерва отходят кожные ветви, а на уровне середины предплечья может отделяться соединительная ветвь к срединному нерву, проникающая через межкостное пространство на волярную поверхность (рис. 6, 5).

Вторая ветвь лучевого нерва, проходя между головками трицепса, делится на несколько ветвей. Они иннервируют головки трехглавой мышцы, напрягатель фасции предплечья, часть веточек идет к локтевому суставу и эпифизам костей. Один из нервов этой группы следует транзитом через трицепс, выходит на поверхность разгибателей, прободает мускулатуру предплечья и следует уже по его волярной поверхности в сторону плечевого сустава к плечевой (внутренней) мышце.

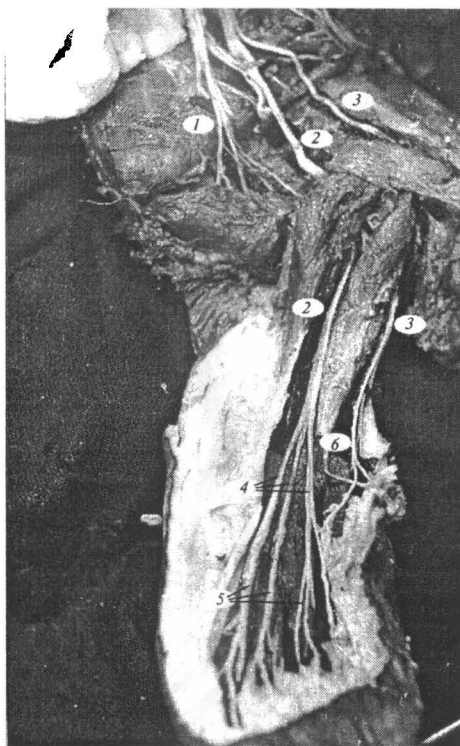


Рис. 4. Иннервация волярной поверхности грудной конечности: 1 — мышечно-кожный нерв; 2 — срединный; 3 — локтевой; 4 — поверхностные пястные волярные; 5 — волярные пальцевые; 6 — волярная ветвь локтевого.

Fig. 4. The innervation of the pectoral extremity (the palmar surface): 1 — the musculocutaneous nerve; 2 — the median nerve; 3 — the ulnar nerve; 4 — superficial metacarpal palmar nerves; 5 — palmar digital nerves; 6 — the palmar branch of ulnar nerve.



Рис. 5. Схема иннервации волярной поверхности свободной конечности: 1 — срединный нерв; 2 — поверхностные пястные волярные; 3 — волярные пальцевые; 4 — локтевой; 5 — соединительные ветви; 6 — отверстие плечевой кости.

Fig. 5. Scheme of the innervation of the free pectoral extremity (the palmar surface): 1 — the median nerve; 2 — superficial metacarpal palmar nerves; 3 — palmar digital nerves; 4 — the ulnar nerve; 5 — the connective branches; 6 — the foramen of (into) brachial bone.

лярный нерв объединяется с ветвью локтевого нерва (получает соединительную ветвь) на уровне дистальной границы пясти (рис. 4, 6; 5, 5). Волярные пальцевые нервы обеспечивают иннервацию всех тканей дистального отдела кисти.

Локтевой нерв (*n. ulnaris*, рис. 1, 5; 3, 4) отходит от ветви, производной общего ствола, переходящей в каудальный корень срединного нерва (CVIII-ThI). Между мышцами медиальной поверхности плеча он спускается к локтевому суставу и переходит на внутреннюю поверхность предплечья, где делится на 3 неравные ветви. Две ветви следуют параллельно локтевому сгибателю запястья, а третья, наиболее мелкая, предназначена для его иннервации (рис. 5, 4). Поверхностная ветвь локтевого нерва в области запястья рассыпается на три-четыре веточки, направляющиеся к подкожной жировой клетчатке и коже латеральной и волярной поверхности запястья и пясти. Сильнее развита глубокая или воляр-

Срединный нерв (*n. medianus*, рис. 1, 7; 3, 5; 4, 2; 5, 1) — наиболее сильно развитый нерв передней конечности каспийской нерпы. Образован слиянием 2 "ножек" (корней): краниальная формируется в основном вентральной ветвью 7-го, частично — 6-го спинномозговых нервов; в каудальную включены волокна CVIII и ThI. Срединный нерв, как и подкрыльцовый нерв, проходит медиальнее плечевой артерии. В 1,5–2 см от уровня формирования нерв подходит к медиальной поверхности плеча, расплывается по плечевой кости, проходит через отверстие вблизи локтевого конца медиальной поверхности плеча (прикрыт бицепсом) и переходит на предплечье (рис. 5, 1). На предплечье следует вместе с плечевой артерией между мышцами, составляющими глубокий слой сгибателей. В проксимальной части предплечья отделяется мышечно-кожная ветвь для локтевого сгибателя запястья и веточка к локтевой кости. Основная ветвь следует по предплечью и кисти, располагаясь под срединной артерией, продолжая плечевую. На уровне проксимального ряда костей запястья срединный нерв делится на 4 поверхностных пястных волярных нерва (рис. 4, 4; 5, 2).

Волярные ветви на уровне дистальной границы I фаланги распадаются на волярные пальцевые нервы (рис. 4, 5; 5, 3). IV во-

ная ветвь, делящаяся на кожную ветвь, ветвь к V пальцу и глубокую соединительную ветвь к IV волярному нерву.

Мышечно-кожный нерв (п. musculocutaneus, рис. 1, б; 3, 3; 4, 4) формируется самостоятельно из CVII и небольшого количества волокон CVI; наименее развит из всех длинных ветвей. Подходит с реберной поверхности лопатки в область плечевого сустава. Очень тонкая веточка отходит к суставу, а нерв делится дихотомически. Одна из ветвей иннервирует короткоплечевую мускул, вторая посылает ветви к бицепсу, лучевому сгибателю запястья, круглому пронатору и кожные ветви волярной поверхности плеча и кисти.

Грудные нервы (nn. pectorales, рис. 1, 9, 10; 2, 5; 3, б), как краниальные, так и каудальные, соответствуют сильно развитой грудной мускулатуре и широчайшей мышце спины. Для каспийской нерпы характерно высокое формирование грудных нервов. Часть каудальных грудных нервов отходит от общего ствола плечевого сплетения (ThI, CVIII), остальные отходят от ветвей CVII (с небольшим количеством волокон CVI), CVIII. Группа грудных нервов подходит к мускулатуре, соединяющей конечность (плечевой сустав) с туловищем, с медиальной поверхности мышц. Между нервами, образованными различными ветвями, существуют соединительные ветви.

Грудные конечности настоящих тюленей обеспечивают (Мордвинов, 1984): создание подъемной, поддерживающей или опускающей силы; стабилизацию положения тела; роль вертикальных и горизонтальных рулей; торможение; отыскание пищевых объектов на дне (редко); передвижение по твердому субстрату. Как показала рентгенография, лопатка каспийской нерпы имеет форму, характерную для ластоногих, ключица отсутствует, плечо и предплечье сильно укорочены, что в общем совпадает с описаниями этих костей у других ластоногих (Howell, 1930). Сильно развиты грудная мускулатура, широчайшая мышца спины, имеется вся типичная для млекопитающих мускулатура плеча и предплечья, сухожилия сгибателей и разгибателей заканчиваются в запястье. Таким образом, общее строение грудных конечностей нерпы и китообразных, в частности, морских дельфинов (Василевская, 1975) однотипно; это сходство — и структурное и



Рис. 6. Схема иннервации дорсальной поверхности свободной конечности: 1 — лучевой нерв; 2 — поверхностный лучевой; 3 — дорсальные (тыльные) пястные; 4 — дорсальные пальцевые; 5 — соединительная ветвь.

Fig. 6. Scheme of the innervation of the free pectoral extremity (dorsal surface): 1 — the radial nerve; 2 — the superficial radial nerve; 3 — dorsal metacarpal nerves; 4 — dorsal digital nerves; 5 — the connective branch.

функциональное. Но, хотя кисть приобрела форму лапы, в ней, в отличие от китообразных, редукция костных фаланг и их сухожилий менее выражена.

Согласно описанию Рея (Ray, 1963), “настоящие тюлени и моржи двигаются, шлепая передними плавниками подобно ушастым тюленям, но никогда не делают это подолгу”. При плавании на короткие расстояния настоящие тюлени используют в качестве движителя передние конечности, а во время сна часто поддерживают себя на плаву только за счет подработки передними лапами (Мордвинов, 1984). Не менее интересны сообщения Аллена (Allen, 1980), относящиеся, правда, к *Phoca vitulina*: когда тюлень спасается бегством, он опирается на передние конечности с одновременным приподниманием и подтягиванием всего тела, при этом задние ноги просто волокутся по льду.

Очевидно, что те вариации движений, которые фоциды способны выполнять своими грудными конечностями, требуют участия мышц — ад- и абдукторов, флексоров, экстензоров и фиксаторов. Мы не исследовали подробно эту мускулатуру грудной конечности нерпы, но, проследивая ход нервов, отметили ее общее значительное сходство у представителя настоящих тюленей и ранее исследованных 3 видов морских дельфинов (Василевская, 1977). Существенно степень развития различались лишь мышцы, приводящие у нерпы в движение кисть. Это сравнение позволяет высказать следующие соображения. Поскольку грудные конечности китообразных являют собой пример очень высокой вторично приобретенной специализации к передвижению в водной среде, то грудные конечности фоцид, в которых явственно выражены те же конструктивные и функциональные свойства, можно рассматривать как наиболее специализированные среди гомологичных органов других ластоногих. Особенности плавания как основного способа передвижения были, безусловно, ведущими факторами перестройки таких конечностей, но очень большую роль играли и те невыясненные факторы, под действием которых закрепились различия в образе жизни ластоногих и китообразных. У тех видов, для которых твердый субстрат (дно или лед) остались незаменимым компонентом среды обитания, в кисти сохранились сходные адаптивные признаки. Как известно, более или менее подвижная свободная грудная конечность имеется у всех ластоногих. Однако и у речного дельфина *Platanista gangetica*, ползающего по дну, вполне развиты сгибатели и разгибатели пальцев (Anderson, 1878), и вполне возможно, что при этом речной дельфин пользуется своими грудными плавниками.

Выполнение движений, с помощью которых осуществляются приведенные выше функции грудных конечностей тюленей, требуют точного ситуационного распределения тонической и фазической активности мышц плечевого пояса свободной конечности. В управлении этими процессами могут участвовать численно не изменившиеся конstellации ядер и нейронов сухопутных предков, но по мере перестройки структуры и функции исполнительного органа, например, редукции мышц, его экстраорганный иннервация модифицируется. Такое, вторично измененное, строение ПС мы и наблюдаем у каспийской нерпы. Эффективность этих процессов определяется в равной мере образованиями и центральной и периферической нервной системы.

Подобно китообразным вентральные ветви спинномозговых нервов, образующих ПС нерпы, отходят на довольно небольшом промежутке — от 3 каудальных шейных и 2 грудных сегментов. Такие уровни истоков сплетения объясняются присущим китам укорочением шеи (Slijper, 1973). Однако у настоящих тюленей шея относительно длиннее и гибкая; с этим связаны наличие у нерпы развитого шейного сплетения, а также участие в иннервации шейной мускулатуры ветвей от нервов CVI и CVII, принадлежащих уже ПС. В отличие от китообразных у нерпы эти сплетения раздельные, и только диафрагмальный нерв сформирован ветвями обоих сплетений.

В ПС нерпы нет стволов, нервы не объединены в первичные и вторичные стволы, что характерно для многих млекопитающих, в том числе китообразных (Василевская, 1977). Обращает на себя внимание значительное содержание в составе ПС нерпы образований симпатического отдела нервной системы. По такому признаку, как уровни отхождения спинномозговых нервов, ПС нерпы относится к типу, названному “постфиксированным” (Harris, 1904) или “каудальным” (Абашидзе, 1963; Кахиани, Асатиани, 1970). ПС такого типа были выявлены у представителей разных отрядов млекопитающих, конечности которых не производят тонких и сложных движений. Как и у дельфиновых, нервы различных структур конечности образованы волокнами нескольких сегментов спинного мозга, так как в исходные, проксимальные части нервов ПС вступают ветви соседних сегментов; кроме того, имеются анастомозы между срединным и локтевым нервами — на волярной поверхности кисти, лучевой нерв образуется из двух “ножек” (корней). Длинные ветви ПС, иннервирующие предплечье и кисть, развиты сильнее, чем у китообразных. “Большая величина нервов и ганглиев непосредственно связана с периферической функциональной нагрузкой на нервы” (Бодмер, 1971). Значительное участие симпатических ганглионарных и волоконных образований в иннервации грудной конечности нерпы объясняется их важной ролью в регуляции трофических процессов в тканях.

- Абашидзе В. С.* К сравнительной анатомии спинномозговых нервных сплетений и симпатических стволов позвоночных. — Тбилиси : Изд-во АН ГрССР, 1963. — 171 с.
- Бодмер Чарльз.* Современная эмбриология. — М. : Мир, 1971. — 446 с.
- Василевская Г. И.* К анализу морфо-функциональных особенностей грудного плавника дельфинов // Морские млекопитающие. — Киев : Наук. думка, 1975. — Ч. 1. — С. 71–73.
- Василевская Г. И.* Общие закономерности иннервации грудного плавника дельфина // Бионика. — Киев : Наук. думка, 1977. — в. 11. — С. 105–109.
- Кахиани С. Н., Асатиани Д. Л.* Сравнительная анатомия плечевого сплетения. — Сабчата Сакартвела: Тбилиси, 1970. — 190 с.
- Мордвинов Ю. Е.* Функциональная морфология плавания птиц и полуводных млекопитающих. — Киев : Наук. думка, 1984. — 167 с.
- Соболевский Е. А.* Сравнительная анатомия спинного мозга полуводных, водных и наземных млекопитающих // Арх. АГЭ. — 1978. — 75, № 11. — С. 74–80.
- Allen J. A.* History of North American Pinnipeds. — Washington : Government Printing Office, 1880. — P. 785.
- Anderson J.* Anatomical and zoological results of two expeditions to Western Yunnan in 1868 and 1875, and a monograph of two cetacean genera, *Platanista* and *Orcella*. — London : B. Quaritch Ltd., 1878. — V. 1. — 984 S.
- Dastugue J.* Systeme nerveux periferique // *Traité de Zoologie, Anatomie, Systematique, Biologie. Mammiferes.* — Paris : Masson et C^{ie} editeurs, 1972. — 16, Fasc. 4. — P. 276–359.
- Harris W.* The true form of the brachial plexus and its motor distribution // *Journal anatomy and physiology.* — 1904. — 38. — P. 399–422.
- Howell A. B.* Aquatic mammals. Their adaptations to life in the water. — Baltimore : Thomas Publisher, 1930. — 337 p.
- Ray C.* Locomotion in Pinnipeds. Swimming methods relate to food habits // *Natural history.* — 1963. — 72, № 3. — P. 10–21.
- Slijper E. J.* Die Cetaceen. Vergleichend-anatomisch und systematisch. — Amsterdam : A. Asher a. Co. B. V., 1973. — 590 S.