

УДК 599.591.483

## ОСОБЕННОСТИ ЭКСТРА- И ИНТРАОРГАННОЙ ИННЕРВАЦИИ КАПСУЛЫ ЗАПЯСТЬЯ НЕКОТОРЫХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ТИПОМ ОПОРЫ И СКОРОСТЬЮ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ

Н. Н. Ильенко

(Институт зоологии АН УССР)

Деятельность компонентов конечностей объединяет и координирует нервная система, а между тем морфология нервной системы конечностей, особенно их подвижных узлов — суставов, изучена недостаточно. Нервные приборы, локализующиеся в тканях суставов, «информируют» центры о скорости и направлении движения. На основе обобщенной информации в мозгу создается картина движения или статики конечности как единой сложной системы. Большинство исследователей считает, что суставная капсула играет весьма важную роль в этом сложном процессе.

Изучение иннервации суставов мы начали с изучения источников иннервации и интраорганных нервных приборов капсулы сустава, причем некоторые сведения об источниках иннервации сустава получали экспериментально. В настоящем сообщении изложены результаты исследования иннервации капсулы запястного сустава. Этот сустав выбран в качестве объекта исследования потому, что его роль в функции конечности очень велика, а кроме того, этот сустав достаточно полно изучен как в сравнительно-анатомическом, так и в функциональном отношении (Манзий, 1959), что облегчает функциональный анализ нервных компонентов капсулы.

Большинство работ об иннервации суставов посвящено экстраорганной иннервации (Васнецов, 1949; Иозефович, 1952; Румянцева, 1956; Indra, 1957; Иконникова, 1958; Hromada, 1959; Павешенко, 1966; Poláček, 1966 и др.). Авторы их считают, что иннервация суставов комплексная и что отдельные зоны нервов в компонентах суставов перекрывают друг друга. Немногочисленные сведения об интраорганных нервах касаются в основном суставов человека либо лабораторных животных (Krause, 1874; Иванов, 1893; Rossi, 1950; Фрунташ, 1964; Sklenska, 1965; Poláček, 1966; Frankova, 1968; Malinovsky, 1968 и др.). Иннервация запястного сустава человека неплохо изучена Ю. П. Сергеевым (1964). Сравнительно-анатомических работ об экстра- и интраорганной иннервации суставов нет.

Подбирая материал для исследования, мы стремились включить в него, с одной стороны, представителей различных систематических групп, с другой — представителей с различными скоростью передвижения и типом опоры: стопо-, пальце- и фалангохождение (табл. 1).

Экстраорганные нервы изучали на трупном материале — конечностях, фиксированных в 5—10%-ном растворе формалина. Препарировали с помощью лупы «МБС-2». Препараты перед этим мацерировали в 5%-ном растворе ледяной уксусной или азотной кислоты. Интраорганные структуры изучали на срезах толщиной 30—90 мк, изготовленных из капсулы, фиксированной в 12%-ном растворе нейтрального форма-

лина. Нервную ткань окрашивали растворами азотнокислого серебра по методике Бильшовского-Гросс и в модификациях по Лаврентьеву и Кампосу. Дополнительно окрашивали срезы квасцовым кармином или

Таблица 1

Исследованный материал и его количество (в экз.)

| Вид  | Анатомическая<br>препаровка | Гистологиче-<br>ское исследо-<br>вание | Экспери-<br>мент |
|--|-----------------------------|--|------------------|
| Насекомоядные (Insectivora)                                |                             |  |                  |
| Еж обыкновенный ( <i>Erinaceus europaeus</i> L.)           | 10                          | 5                                      | —                |
| Грызуны (Rodentia)   |                             |  |                  |
| Белая крыса ( <i>Rattus norvegicus</i> var. <i>albus</i> ) | 2                           | 2                                      | —                |
| Хищные (Carnivora)   |                             |  |                  |
| Медведь бурый ( <i>Ursus arctos</i> L.)                    | 3                           | 2                                      | —                |
| Гималайский медведь ( <i>Selenarctos tibetanus</i> G.)     | 2                           | —                                      | —                |
| Волк ( <i>Canis lupus</i> L.)                              | 2                           | 2                                      | —                |
| Собака домашняя ( <i>C. familiaris</i> L.)                 | 2                           | 2                                      | 12               |
| Кошка домашняя ( <i>Felis domestica</i> B.)                | 2                           | 2                                      | —                |
| Непарнокопытные (Perissodactyla)                           |                             |  |                  |
| Лошадь домашняя ( <i>Equus caballus</i> L.)                | 1                           | 4                                      | —                |
| Домашний осел ( <i>E. asinus</i> L.)                       | —                           | 1                                      | —                |
| Парнокопытные (Artiodactyla)                               |                             |  |                  |
| Лань европейская ( <i>Dama dama</i> L.)                    | —                           | 1                                      | —                |

гематоксилин-эозином. Капсулы суставов кошки и белой крысы подвергали тотальной суправитальной окраске метиленовой синью по Догелю. Капсулу растягивали, укрепляя шелковыми нитями на куске оконного стекла.

### Результаты исследования

Известно, что капсула сустава состоит из двух основных оболочек—фиброзной и синовиальной, а последняя имеет клеточный, поверхностный коллагеново-эластический и глубокий коллагеново-эластический слои (перечисление дано со стороны суставной полости).

Источниками иннервации запястного сустава исследованных млекопитающих являются ветви нервов плечевого сплетения. Области внедрения и преимущественного распределения нервов в капсуле показаны в табл. 2. Естественно, что не все тончайшие ветви нервов, входящих

Таблица 2

Источники иннервации капсулы запястья

| Исследованные животные | Стенка суставной капсулы, иннервируемая нервом |                            |                  |
|------------------------|--|----------------------------|------------------|
|                        | глубоким лучевым                               | глубоким локтевым          | срединным        |
| Медведь бурый          | Дорсальная                                     | Волярная                   | —                |
| Гималайский медведь    | »  | »                          | —                |
| Еж обыкновенный        | »  | »                          | —                |
| Белая крыса            | —  | »                          | Медио-дорсальная |
| Волк                   | —  | »                          | » »              |
| Собака домашняя        | —  | »                          | » »              |
| Лошадь домашняя        | —  | Волярная<br>(кожная ветвь) | »                |

в капсулу запястья, выявлены при анатомическом препарировании: мешали сухожильные апоневрозы, сухожильные влагалища. Поэтому полученные результаты мы проверяли и дополняли экспериментальными данными. Так, например, установлено, что у собаки в капсуле сустава имеются еще ветви мускульно-кожного (в дорсальной и в незначительной степени в волярной стенке) и лучевого (в дорсальной стенке) нервов, отходящие от нервов надкостницы, мышц и сосудов. Все нервы капсулы непосредственно проникают в фиброзную оболочку. В синовиальную оболочку попадают в основном ветви нервных пучков фиброзного слоя, состоящие из тонких мягкотных и безмякотных нервных волокон. Пучки интраорганных нервов идут чаще всего рядом с кровеносными сосудами и всегда извиты независимо от того, фиксировали капсулу в растянутом или нерастянутом виде. В тканях капсулы нервы оканчиваются свободными, несвободными инкапсулированными и несвободными инкапсулированными рецепторами. Свободные окончания найдены во всех слоях и участках суставной капсулы, но больше всего их в синовиальных ворсинках, поверхностном слое синовиальной оболочки и в стенках кровеносных сосудов. В глубоком коллагеново-эластическом слое синовиальной и в фиброзной оболочке больше рецепторов двух других типов. Свободные и несвободные инкапсулированные рецепторы — это, чаще всего, окончания безмякотных или тонких мягкотных нервных волокон, а несвободные инкапсулированные — окончания толстых и средних мягкотных нервов. У исследованных животных обнаружено лишь количественное различие между окончаниями первых двух типов. Морфология инкапсулированных рецепторов различна у животных с разным типом опоры и скоростью передвижения. Выявленные нами типы инкапсулированных рецепторов близки к описанным в литературе и получившим наименования колб Краузе, телец Руффини, Гольджи-Маццони и Фатер-Пачини. Средние размеры этих рецепторов у исследованных животных следующие (в  $\mu\text{м}$ ): тельца Руффини —  $60 \times 400$ , Гольджи-Маццони —  $55 \times 165$ , Фатер-Пачини —  $106 \times 375$ , колбы Краузе у ежа —  $44 \times 101$ , собаки —  $46 \times 165$ , лошади —  $71 \times 201$ . Инкапсулированные рецепторы обычно расположены в дорсальной стенке капсулы запястья, причем иногда на небольшом участке среза мы обнаруживали значительное количество рецепторов, формирующих рецепторные поля. Такие скопления рецепторов найдены в областях большого растяжения, например в передней стенке предплечье-запястного сустава.

Исследованные животные резко отличались по типу опоры и скорости передвижения. Как бы в соответствии с этим и рецепторный аппарат капсулы у них различный. Так, запястье медведя (стопоходящее) наиболее полифункционально. Это и сгибательно-разгибательные, и ротационные (манипуляция) движения. В капсуле его запястья больше всего свободных рецепторов. Инкапсулированные же рецепторы представлены колбами Краузе и тельцами Фатер-Пачини. Наличие последних, очевидно, связано с большим разнообразием движений кисти медведя. Из литературы известно о наличии таких же рецепторов в капсуле и связках суставов человека и других приматов, конечности которых также выполняют разнообразные движения. У другого представителя стопоходящих — ежа движения запястья более однообразны, поэтому морфология рецепторного аппарата капсулы его сустава иная. У ежа больше свободных и меньше несвободных инкапсулированных и несвободных инкапсулированных рецепторов. Размеры последних небольшие, капсула одно-двуслойная, ветвление претерминалей во внутренней колбе простое.

Конечности у пальцеходящих больше, чем у стопоходящих, в ущерб другим функциям, приспособлены к быстрому и легкому бегу. По своему строению их запястье приближается к одноосным суставам (Манзий, 1959). Несмотря на то, что исследованные нами представители пальцеходящих передвигаются с разной скоростью, у всех у них в отличие от стопоходящих больше несвободных неинкапсулированных и несвободных инкапсулированных рецепторов. Последние представлены лишь колбами Краузе. Однако их структура (количество пластинок, терминальный аппарат и др.) и размеры заметно отличаются от таковых у стопоходящих.

Наиболее специализированными к поступательным движениям являются конечности фалангоходящих, особенно лошадей. Их запястье и другие суставы устроены так, чтобы обеспечить возможно больший размах сгибательно-разгибательных движений и большую устойчивость при опоре (Манзий, 1959). Опора на один-два пальца требует, безусловно, большой точности коррекции при установке тела. Следует учесть, что лошадь почти всю свою жизнь проводит стоя, и для поддержания равновесия у нее должна быть надежная обратная связь, сигнализирующая о малейших нарушениях равновесия в конечностях, в первую очередь в суставах. Очевидно этим объясняется наличие в капсуле запястья лошади наибольшего количества кустиковидных (свободных и несвободных неинкапсулированных) и несвободных инкапсулированных окончаний всех типов: тельца Руффини, Гольджи-Маццони, колбы Краузе.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Васнецов Н. А. 1951. Материалы по иннервации области суставов конечностей лошади. Тр. V Всесоюз. съезда анатом., гистол и эмбриол., Л.
- Иванов В. В. 1893. О нервных окончаниях в соединительнотканых оболочках млекопитающих. Дисс. Казань.
- Иконникова Н. А. 1958. К вопросу об иннервации луче-запястного и запястно-пястного суставов. Тр. Ижевск. гос. мед. ин-та, т. 17.
- Иозефович Н. А. 1952. Нервы кисти. Автореф. канд. дисс. Л.
- Манзий С. Ф. 1959. Запястье млекопитающих в свете эволюции и функции их грудных конечностей. Автореф. докт. дисс. К.
- Повещенко М. В. 1966. Нервы пясти и пальцев овцы. Автореф. канд. дисс. Оренбург.
- Румянцева А. А. 1956. Иннервация мышц, костей и сумочно-связочного аппарата кисти. Автореф. канд. дисс. Казань.
- Сергеев Ю. П. 1964. Морфологические основы рефлекторных контрактур. М.
- Фрунташ Н. М. 1964. Иннервация коленного сустава человека. Автореф. канд. дисс. Кишинев.
- Frankova H. 1968. Comparison of the occurrence and variability of joint receptors in Rhesus monkey and Man. *Folia morph.*, v. XVI, № 1.
- Hromada J. 1959. Příspěvek k poznání inervace lidského pouzdra kloubního a přilehlých tkání v době fetální. *Ceskosl. morfol.*, № 3.
- Indra V. 1957. Inervace ramenního kloubu u člověka. *Ceslosk. morfol.*, v. 5, № 1.
- Krause W. 1874. Gelenknervenkörperchen. *Zbl. f. med. wissensch.*, № 26.
- Malinovsky L. 1968. Types of sensory corpuscles Common to Mammals and Birds. *Folia morphol.*, v. XVI, № 1.
- Poláček P. 1966. Receptors of the joint. Their structure, variability and classification. Brno.
- Rossi F. 1950. Sur l'innervation fine de la capsule articulaire. *Acta anat. (Basel.)*, t. 10<sup>1/2</sup>.
- Sklenška A. 1965. Sensory nerve endings in joint capsules of domestic and wild rabbit. *Folia morfol.*, v. XIII, № 4.

Поступила 29.XII 1969 г.

---

**PECULIARITIES OF EXTRA- AND INTRAORGANIC INNERVATION  
OF CARPUS CAPSULE IN SOME MAMMALS DUE TO SUPPORT  
TYPE AND MOVEMENT SPEED**

**N. N. Ilienکو**

(Institute of Zoology, Academy of Sciences, Ukrainian SSR)

*S u m m a r y*

Innervation of carpus capsule was studied by anatomical and histological methods. In some animals the capsule is innervated by ulnar and radial nerves, in other — by ulnar and median ones and by the branches of periosteum, muscle and vessel nerves. Three types of receptor are found: free, non-free non-incapsulated and non-free incapsulated ones. The receptor types are most variable in a horse (unguligrading) possessing the most perfect type of support and different speed of movement. The structure of incapsulated receptors is the most complex in a bear (plantigrading), which is connected with variation of its hand movements.