

Морфологічні дані про аферентну іннервацію різних ядер поперекового відділу спинного мозку кішки

Л. О. Савоськіна, О. О. Слабоспицький, В. Б. Тимченко

*Відділ фізіології і біофізики клітини Інституту фізіології
ім. О. О. Богомольця АН УРСР, Київ*

Локалізація закінчень аферентних волокон дорсальних корінців спинного мозку вже багато часу привертає увагу як морфологів [5, 8, 30, 32, 33, 36], так і нейрофізіологів [1—4, 12].

У методичному відношенні виявлення розподілу термінальних полів аферентних волокон значно полегшено використанням методу Наута [23] і різних його модифікацій, які дозволили вибірково виявляти дегенерацію аксонів та їх колатералей. Гліс і Наута [15], Еванс і Хамлін [14] гадали, що метод Наута виявляє виключно дегенерацію тонких претермінальних аксонних колатералей. За даними Бовшера та ін. [7], Ніберг-Хансена і Бродаля [24], на вдахлих препаратах цим методом можна виявити не тільки претермінальну, але й термінальну дегенерацію синаптичних закінчень. У цьому відношенні найбільш придатним є метод Наута в модифікації Лейдлоу [9]. Виявлення цим методом локалізації закінчень аферентних волокон дорсального корінця спинного мозку становить інтерес у світлі нових фізіологічних фактів [1, 3], які свідчать про наявність спеціалізованих вставних нейронів у пірамідному і рубро-спінальному трактах, значною мірою відокремлених від вставних нейронів сегментарних рефлексів спинного мозку. Так, у поперековому відділі електрофізіологічно виявлені різні групи вставних нейронів, з яких одні виключно активуються низхідною імпульсацією з сенсомоторної зони кори [1, 2, 3], другі виключно — з червоного ядра [6], треті — як сегментарними аферентами, так і низхідними системами [1, 3, 6].

В зв'язку з цим виникла необхідність морфологічно перевірити локалізацію волокон заднього корінця та їх закінчень методом Наута—Лейдлоу в поперековому відділі спинного мозку кішки, приділяючи особливу увагу зовнішній базиллярній ділянці заднього рогу, де, за нейрофізіологічними даними, знаходяться особливі вставні нейрони, на які не конвертують сегментарні аференти.

Методика досліджень

Досліди проводились на п'яти дорослих кішках. Спочатку у стерильних умовах під нембуталовим наркозом (40—45 мг/кг) перерізували екстрадурально VI або VII поперековий дорсальний корінець проксимально від спинномозкового ганглію. Через п'ять—сім діб після операції під нембуталовим наркозом кішок перфузували 10%-ним нейтральним формаліном за методом Кеніга, Гроута і Віндла [17]. Через 24 год спинний мозок витягали, розрізали на сегменти і фіксували у тому ж розчині ще два тижні.

Сегменти поперекового відділу спинного мозку на рівні перерізків і сусідніх з нею сегментів серійно нарізували на заморожувачу мікромі. Товщина поперечних зрізів — 20—30 мк. Імпрегнацію здійснювали за методом Наута—Лейдлоу [8] для виключного виявлення дегенеруючих волокон та їх термінальних розгалужень.

За загальноприйнятою термінологією, під «термінальною» дегенерацією ми мали на увазі дегенеративні зміни, які виникали в дуже тонких аксонних колатералях, а під «претермінальною» дегенерацією — зміни в більш великих аксонних колатералях. Цитоархітектонічні пластини сірої речовини спинного мозку знаходилися на поперечних зрізах згідно з атласом Рекседа [27—29].

Результати досліджень та їх обговорення

Перерізку VI або VII поперекового заднього корінця в наших дослідках була обрана в зв'язку з тим, що їх сегменти найбільш досліджені нейрофізіологами [1—4, 6, 10—13, 18, 19].

На рис. 1 наведені зразки дегенерації волокон і колатералей сегментарних аферентів з різних ділянок сірої речовини VI поперекового сегмента, яка виникає через сім днів після перерізку іпсilaterального дорсального корінця. Фрагментація цих структур чітко виявляє їх дегенерацію на боці перерізку. На рис. 3 наведена схема розподілу дегенерації в сірій речовині поперечного зрізу VI поперекового сегмента. На ньому літерами позначені місця, мікрофото яких під тими ж літерами наведені на рис. 1 і 2. Особливо велика щільність дегенеруючих волокон відзначається в ділянці дорсального рогу, яка відповідає ядру (рис. 1, Б; рис. 3, Б). Вона також велика в основі дорсального рогу в ділянці сірого проміжного ядра Кахалля (рис. 1, В; рис. 3, В). В межах дорсального рогу, незважаючи на велику щільність дегенерації аферентів, ми не відзначали термінальної дегенерації у самій його верхівці. Однак, на тих же препаратах дегенерація терміналей аферентів добре видна на різних групах нейронів проміжної ділянки і вентрального рогу. Дегенерація пресинаптичних структур відбувається на сомі мотонейронів (рис. 2, б, в; рис. 3, б, в), на їх дендритах (рис. 2, в; рис. 3, в) і на дендритах вставних нейронів (рис. 2, а; рис. 3, а). На рис. 2, б добре видно термінальну дегенерацію закінчень аферентного нейрона моносинаптичного рефлексу на сомі мотонейрона. На рис. 2, в наведена термінальна дегенерація як на сомі, так і на дендритах іншого мотонейрона. Дегенерація волокон у вентральному розі виявляє, що вони найчастіше спрямовані до латеральних груп мотонейронів (рис. 1, Г; рис. 3, Г).

Всі зразки дегенерації, одержані на багатьох аналогічних зрізах, були перенесені загальноприйнятим методом на схему б поперекового сегмента для виявлення розподілу дегенерації аферентних волокон на боці, іпсilaterальному перерізання (рис. 3). На цьому схематичному рисунку контури сірої речовини розмежовані за Рекседом на десять пластин. В межах пластини 1 дегенерація аферентів спостерігається дуже рідко. Однак ми помічали, так само як і Спрейг і Ха [33], що претермінальна дегенерація в цій пластині трапляється частіше в сегментах, суміжних з сегментом, в якому перерізаний дорсальний корінець.

Пластина 2 за Рекседом [27] відповідає желатинозній субстанції старих авторів [8]. Це підтверджується також її ультраструктурою [26]. Термінальна дегенерація в цій пластині відзначається також рідко.

Пластину 3 багато авторів відносять також до желатинозної субстанції [33, 37]. В її межах дегенерація трапляється частіше і виявляється посередині і в медіальній половині, де знаходяться деревоподібні розгалуження задньокорінцевих волокон [8, 35, 37]. Вентрально за пластинною 3 знаходиться широка пластина 4. Вона займає разом з трьома раніше згаданими пластинами ту частину сірої речовини, яка у літе-

ратурі відома під назвою «голдіянки» у напрямку поздовжнього дорсального клітинного стовпа стин 3 і 4 утворюють власне медіальних ділянок. В межі

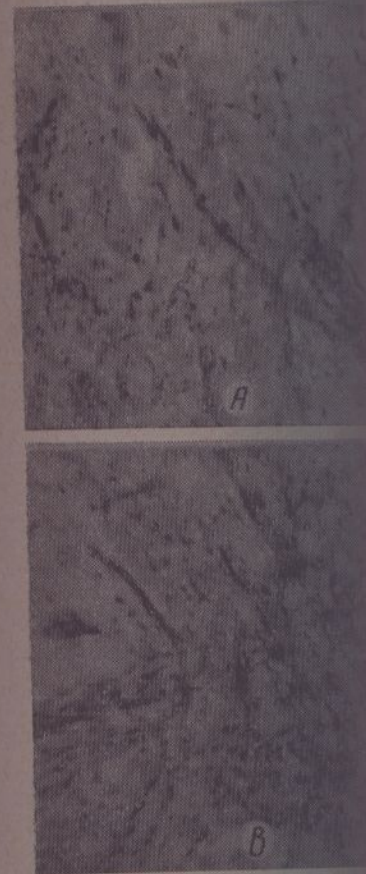


Рис. 1. Дегенераційні фрагменти з різних ділянок сірої речовини через п'ять діб після перерізу. А — з медіальної ділянки 3 пластини дорсального рогу. 36. × 480. В — з латеральної ділянки 3 пластини дорсального рогу. 36. × 480. На рис. 3 цими ж літерами позначені місця.

ність дегенеруючих терміналей цих пластин, тобто саме в пластині 2 (рис. 3, Б), що збігається з дорсальною ділянкою, де виявляються також великі розгалуження вентрального напрямку.

В пластині 5 (позначає вентральний рог) дегенерація локалізується в цій ділянці як вентральна, де трапляються вставні нейрони. Виявлена тільки в поперековому розі з ділянкою «основи до-

ратурі відома під назвою «головки дорсального рогу», а клітини цієї ділянки у напрямку поздовжнього мозку утворюють задню частину дорсального клітинного стовпа [27]. За Рекседом [28, 29], нейрони пластин 3 і 4 утворюють власне ядро заднього рогу, яке знаходиться в їх медіальних ділянках. В межах цих пластин виявляється велика щіль-

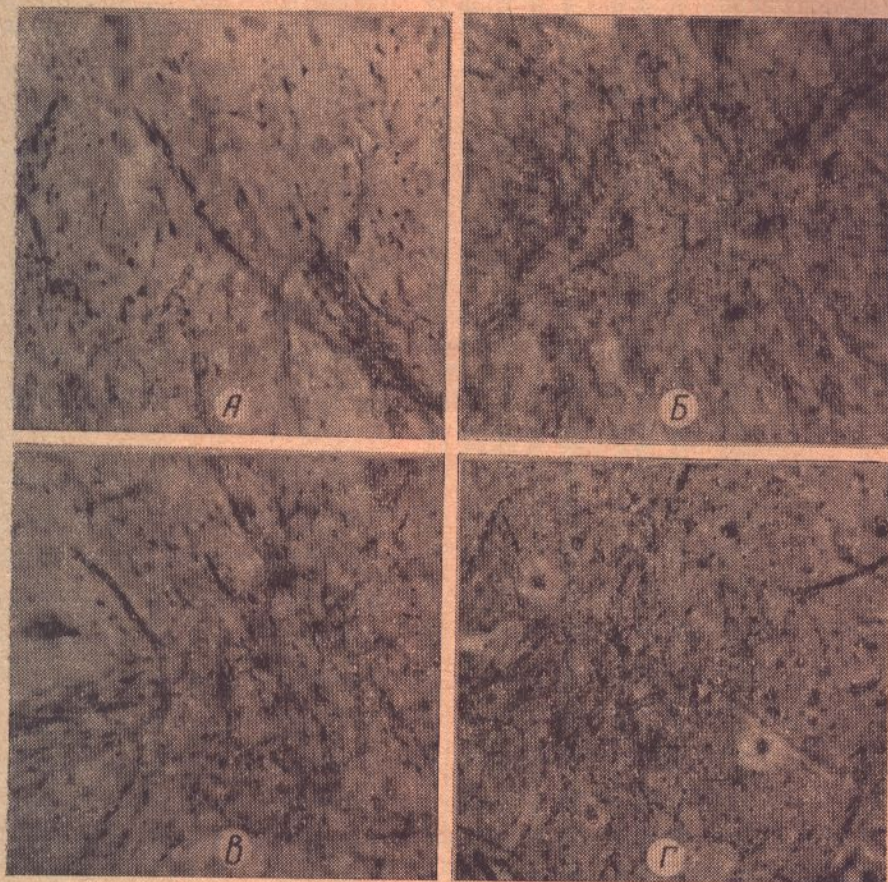


Рис. 1. Дегенераційні фрагменти волокон і колатералей сегментарних аферентів з різних ділянок сірої речовини VI поперекового сегмента спинного мозку кішки через п'ять діб після перерізання його іпсилатерального дорсального корінця.

А — з медіальної ділянки 3 пластини за Рекседом. Збільшення $\times 700$. Б — з власного ядра дорсального рогу. Зб. $\times 480$. В — з сірого проміжного ядра Кахала. Зб. $\times 480$. Г — колатералі волокон групи 1А з вентрального рогу. Зб. $\times 480$.

На рис. 3 цими ж літерами позначені місця, мікрофото яких наведені на цьому рисунку.

ність дегенеруючих терміналей. Їх особливо багато в медіальних ділянках цих пластин, тобто саме у власному ядрі заднього рогу (рис. 1, Б; рис. 3, Б), що збігається з даними інших авторів [5, 31, 33]. В цій зоні виявляються також великі дегенеруючі волокна, які проходять в вентролатеральному напрямку.

В пластині 5 (позначається також терміном «шийка» дорсального рогу) дегенерація локалізується головним чином посередині її. Вона виявляє в цій ділянці як великі волокна, так і терміналі, які закінчуються на вставних нейронах (рис. 2, а; рис. 3, а). Пластина 6 добре виявлена тільки в поперековому потовщенні спинного мозку і збігається з ділянкою «основи дорсального рогу». Рексед [29] ділить цю пла-

Розглянемо тепер деякі фізіологічні факти про локалізацію терміналей сегментарних і супрасегментарних шляхів, які приносять інформацію до спинномозкових нейронів, і порівняємо їх з наведеними вище морфологічними даними. На рис. 4 наведені схеми розподілу електричних потенціалів по поперечному розтині VI поперекового сегмента спинного мозку кішки через 5 мсек після подразнення соматичного



Рис. 3. Схема розподілу дегенерації сегментарних аферентів в VI поперековому спинномозковому сегменті кішки через п'ять діб після перерізання його іпсилатерального дорсального корінця.

Термінальна дегенерація зовсім відсутня в зовнішніх ділянках пластин 5 і 6 — зовнішня базиллярна ділянка. Сіра речовина розмежована за Рекседом на 10 пластин. Літерами позначені місця, мікрофото яких наведені на рис. 1 і 2.

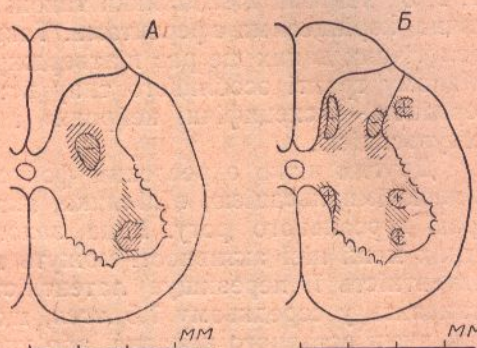


Рис. 4. Локалізація вогнищ електричних потенціалів на поперечному зрізі VI поперекового сегмента спинного мозку кішки через 5 мсек (А) після подразнення соматичного нерва і через 10 мсек (Б) після подразнення сенсомоторної ділянки контралатеральної кори (Б) (за даними Василенка і Костюка [3]).

перонеального нерва (А) і через 10 мсек після подразнення сенсомоторної зони кори контралатеральної півкулі (Б). Суцільною лінією обмежені зони максимумів, а заштриховані ділянки — зони, в яких амплітуда реакції була вища за 50% максимальної. Ці дві схеми запозичені з роботи Василенка і Костюка [3]. Як видно з схеми А, зона максимальних потенціалів, які були викликані моносинаптичною аферентною хвилею з перонеального нерва, знаходиться у центральній частині пластини 6, що відповідає, з одного боку, локалізації сірого проміжного ядра Кахала, а з другого — значній щільності термінальної дегенерації (рис. 3, VI; рис. 4, А).

Два перших максимуми постсинаптичної активності у вставних нейронах, викликані низхідною імпульсацією (рис. 4, Б), не збігаються з ядром, збуджуванім сегментарною імпульсацією (рис. 4, А). Найбільш раннім осередком негативності при цьому є латеральна зона пластин 4 і 6, тобто зовнішня базиллярна ділянка. Ця зона частково захоплює зовнішнє базиллярне ядро Кахала [8], однак пов'язати її тільки з цим ядром навряд чи буде доцільно, оскільки межі цього ядра практично визначити дуже важко [29]. Сучасні дані як морфологів, так і нейрофізіологів дозволяють прийти до висновку, що зовнішня базиллярна ділянка є головним місцем закінчення волокон пірамідного тракту [16, 21, 34, 38]. Однак межі цієї ділянки варіюють за даними різних авторів. Так, ділянка закінчень пірамідного тракту у кішки, за старими даними Сентаготаї-Шімерта [33], значно перекидає межі цієї

ділянки, яку виявляють фізіологи. Причому це перекриття поширюється не в дорсальному, а у вентральному напрямку і захоплює в межах пластини 6 найбільш часту локалізацію сірого проміжного ядра Кахала і його медіального базиллярного ядра, що не збігається з останніми морфологічними працями [24, 25].

Важливо відзначити, що в зовнішній базиллярній ділянці, де є осередки моносинаптичної активності, викликані пірамідними волокнами, ми жодного разу не бачили термінальної дегенерації аферентів дорсальних корінців. Як показали дослідження Василенка і Костюка [1, 2, 3], нейрони цієї ділянки також ніколи не активуються моносинаптично, корінцевими аферентами. Такий повний збіг фізіологічних і морфологічних даних ще раз підтверджує концепцію про наявність у пірамідному тракті особливого типу вставних нейронів, які визначаються терміном — «специфічні нейрони» і активуються виключно низхідною імпульсацією.

Другим чітко окресленим фокусом негативності, викликані пірамідною імпульсацією, є ділянка, яка знаходиться вздовж медіального краю дорсального рогу. Вона захоплює внутрішнє базиллярне ядро, однак межі цієї активності можуть поширюватися від 3 до 6 пластин. Латентність її перевищує латентність латеральної групи нейронів і становить у середньому 7,5 мсек, що можна тлумачити як наявність між ними вставного нейрона, або уповільненого проведення між ними, або наявність того й іншого. За нашими даними, в цій ділянці виявляється термінальна дегенерація аферентів (рис. 2, а; рис. 3, а). Таким чином, можна гадати, що в ній знаходяться неспецифічні вставні нейрони, на яких конвергують як сегментарні аференти, так і низхідні пірамідні шляхи. Ці факти узгоджуються з даними Куйперса [20], Ніберг-Хансена і Бродаля [24] про те, що низхідний кортико-спінальний шлях з сенсорної кори закінчується переважно в медіальній половині пластин 4 і 5, куди може надходити імпульсація як з шкірних аферентів, так і низхідна імпульсація з контралатеральної сенсорної кори. З іншого боку, моторна кора проектується, переважно, в латеральні відділи пластин 5 і 6 [24, 25].

Отже, і фізіологічні, і морфологічні дані свідчать про те, що аферентна сегментарна і пірамідна системи кішки мають відносно роздільний апарат вставних нейронів у поперековому відділі спинного мозку.

Висновки

1. Найбільша щільність термінальної дегенерації сегментарних аферентів, яка виявляється за методом Наута — Лейдлоу, має місце в межах власного ядра дорсального рогу, сірого проміжного ядра Кахала, внутрішнього базиллярного ядра і латеральних груп мотонейронів в поперекових сегментах спинного мозку кішки.

2. Термінальна дегенерація сегментарних аферентів не виявляється в зовнішній базиллярній ділянці дорсального рогу.

3. Відсутність термінальної дегенерації сегментарних аферентів у зовнішній ділянці дорсального рогу поперекових сегментів побічно підтверджує фізіологічні дані про те, що на вставних нейронах цієї ділянки не конвергують аференти сегментарної системи спинного мозку кішки.

1. Василенко Д. А. и К. 695.
2. Василенко Д. А. и К. 1053.
3. Василенко Д. А., К. ной деятельности, М., 1966, 10.
4. Костюк П. Г.— Двухнейро
5. Микеладзе А. Л.— Арх
6. Пилявский А. И. и К.
7. Bowsher D., Brodal
8. Cajal S., Ramon V.— Htebres, Azoulay, Paris, 1909.
9. Chambers W. W., Liu
10. Coombs J. S., Curtis 19, 452.
11. Eccles J. C., Fatt P., (London), 1954, 125, 590.
12. Eccles J. C.— The Physiolo
13. Eccles J. C., Eccles R. 154, 89.
14. Evans D. H. L. and Ha
15. Gleses P. and Nauta W
16. Hoff E. C.— Proc. Roy. Soc.
17. Koenig H., Groat R.
18. Kolmodin G. M.— Acta
19. Kolmodin G. M. and S.
20. Kuypers H. G. J. M.— Br
21. Lloyd D. P. C.— J. Neurop
22. Nauta W. J. H.— In: Ne 1957, 17.
23. Nyberg-Hanssen R.
24. Nyberg-Hanssen R.— 1966, 39, 1.
25. Ralston H. J.— Z. für Zell
26. Rexed B.— J. Comp. Neurol
27. Rexed B.— J. Comp. Neurol
28. Rexed B.— In: Organizatio
29. Romanes G. J.— J. Comp.
30. Schimert J.— Z. Anat. Ent
31. Sprague J. M.— Proc. Roy
32. Sprague J. M. and Ha 1964, 120.
33. Szentágothai-Schime
34. Szentágothai J. and K.
35. Szentágothai J.— Acta n
36. Szentágothai J.— J. Con
37. Wall P. D., McCullo J. Biol. Med., 1955, 28, 457.

Морфологические д разных ядер поясни

Л. А. Савоськина

Отдел физиологии и
им. А. А.

На пяти взрослых кошках
по пластинкам Рекседа в пояснич
варительно пересеченных VI или

Л и т е р а т у р а

1. Василенко Д. А. и Костюк П. Г.— Журн. высш. нервн. деят., 1965, 15, 695.
2. Василенко Д. А. и Костюк П. Г.— Журн. высш. нервн. деят., 1966, 16, 1053.
3. Василенко Д. А., Костюк П. Г.— В кн.: Нервные механизмы двигательной деятельности, М., 1966, 105.
4. Костюк П. Г.— Двухнейронная рефлекторная дуга, М., 1959.
5. Микеладзе А. Л.— Архив анат., гистол. и эмбриол., 1965, 58, 3.
6. Пилявский А. И. и Костюк П. Г.— Журн. высш. нервн. деят., 1966, 16.
7. Bowsher D., Brodal A. and Walberg F.— Brain, 1960, 83, 150.
8. Cajal S., Ramon V.— Histologie du Systeme Nerveux de l'Homme et des Vertebres. Azoulay, Paris, 1909.
9. Chambers W. W., Liu C. Y. and Liu C. N.— Anat. Rec., 1956, 124, 391.
10. Coombs J. S., Curtis D. R. and Landgren S.— J. Neurophysiol., 1956, 19, 452.
11. Eccles J. C., Fatt P., Landgren S. and Winsbury G. J.— J. Physiol. (London), 1954, 125, 590.
12. Eccles J. C.— The Physiology of Nerve Cells. New York, 1957.
13. Eccles J. C., Eccles R. M. and Lundberg A.— J. Physiol. (London), 1960, 154, 89.
14. Evans D. H. L. and Hamlyn L. H.— J. Anat. (London), 1956, 90, 193.
15. Glees P. and Nauta W. J. H.— Mschr. Psychiat. Neurol., 1955, 129, 74.
16. Hoff E. C.— Proc. Roy. Soc. B., 1932, 111, 226.
17. Koenig H., Groat R. A. and Windle W. F.— Stain Technol., 1945, 20, 13.
18. Kolmodin G. M.— Acta physiol. scand., 1957, 40, Suppl. 139, 1.
19. Kolmodin G. M. and Skoglund C. R.— Acta physiol. scand., 1960, 50, 337.
20. Kuypers H. G. J. M.— Brain, 1960, 83, 161.
21. Lloyd D. P. C.— J. Neurophysiol., 1941, 4, 525.
22. Nauta W. J. H.— In: New Research Techniques of Neuroanatomy, Springfield, 1957, 17.
23. Nyberg-Hanssen R. and Brodal A.— J. Comp. Neurol., 1963, 120, 363.
24. Nyberg-Hanssen R.— Ergebnisse der Anatomie und Entwicklungsgeschichte, 1966, 39, 1.
25. Ralston H. J.— Z. für Zellforsch., 1965, 67, 1.
26. Rexed B.— J. Comp. Neurol., 1952, 96, 415.
27. Rexed B.— J. Comp. Neurol., 1954, 100, 297.
28. Rexed B.— In: Organization of the Spinal Cord, Amsterdam, 1964, 58.
29. Romanes G. J.— J. Comp. Neurol., 1951, 94, 313.
30. Schimert J.— Z. Anat. Entwickl. Gesch., 1939, 109, 665.
31. Sprague J. M.— Proc. Roy. Soc. B., 1958, 149, 534.
32. Sprague J. M. and Ha H.— In: Organization of the Spinal Cord, Amsterdam, 1964, 120.
33. Szentágothai-Schimert J.— Z. für Anat. und Entwickl., 1941, 111, 322.
34. Szentágothai J. and Kiss F.— Arch. Neurol. Psychiat., 1949, 62, 734.
35. Szentágothai J.— Acta morph. Acad. Sci. Hung., 1958, 8, 287.
36. Szentágothai J.— J. Comp. Neurol., 1964, 122, 219.
37. Wall P. D., McCulloch W. S., Lettvin J. Y. and Pitts W. H.— Yale J. Biol. Med., 1955, 28, 457.

Надійшла до редакції
23.III 1967 р.

Морфологические данные об афферентной иннервации разных ядер поясничного отдела спинного мозга кошки

Л. А. Савоськина, А. А. Слабоспицкий, В. Б. Тимченко

Отдел физиологии и биофизики клетки Института физиологии
им. А. А. Богомольца АН УССР, Киев

Резюме

На пяти взрослых кошках методом Наута-Лейдлоу исследовалось распределение по пластинкам Рекседа в поясничном отделе спинного мозга окончаний волокон предварительно пересеченных VI или VII поясничных корешков.

Приводятся образцы терминальной дегенерации волокон дорсального корешка на соме и дендритах мотонейронов, на дендритах вставочных нейронов, а также претерминальная дегенерация волокон из разных пластин Рекседа (рис. 1, 2). Дается общая схема локализации очагов претерминальной и терминальной дегенерации, построенная на основании наложения ее образцов из многих смежных поперечных срезов спинного мозга (рис. 3).

Показано, что наибольшая плотность дегенерации локализована в 3 и 4 пластинках — в собственном ядре заднего рога, в 6 пластине — в сером промежуточном ядре Кахалы, в 6 и 5 пластинках — во внутреннем базиллярном ядре Кахалы. Терминальная дегенерация не выявлена в латеральных участках пластин 5 и 6, т. е. в наружной базиллярной области.

Проводится сопоставление локализации окончаний волокон дорсального корешка, выявленных морфологическим и нейрофизиологическим методами. Показано совпадение этих данных. Полное отсутствие терминальной дегенерации сегментарных афферентов в наружной базиллярной области находится в полном соответствии с нейрофизиологическими данными Костюка и Василенко, которые выявили в этой области вставочные нейроны, моносинаптически активируемые только пирамидными волокнами. Поскольку эти вставочные нейроны активируются исключительно пирамидными волокнами, а, по нашим данным, на них не конвергируют афференты дорсального корешка, то можно полагать, что как физиологически, так и морфологически подтверждается концепция о наличии в пирамидном тракте кошки специфических промежуточных нейронов, расположенных в наружной базиллярной области.

В медиальных областях 3—6 пластин Рекседа, где нейрофизиологически выявляются нейроны, на которых конвергируют как нисходящие пирамидные, так и сегментарные афферентные волокна, морфологически также обнаруживаются окончания сегментарных афферентов. Границы этой области захватывают как внутреннее базиллярное ядро, так и частично собственное ядро заднего рога. В ее пределах, по-видимому, находятся неспецифические вставочные нейроны, на которых конвергируют как пирамидные волокна, так и сегментарные афференты. Эти вставочные нейроны могут быть расположенными и за пределами упомянутых ядер.

Morphological Data on Afferent Innervation of Different Nuclei of Lumbar Part of the Cat Spinal Cord

L. A. Savoskina, A. A. Slabospitsky, V. B. Timchenko

Department of cell physiology and biophysics of the A. A. Bogomoletz Institute of Physiology, Academy of Sciences, Ukrainian SSR, Kiev

Summary

A distribution of the terminal and preterminal degeneration of afferents by the Naut-Leidlow method in the lumbar segments of the cat spinal cord after rhizotomy of VI and VII lumbar dorsal roots.

It was shown that the terminal degeneration of segment afferents does not take place in the external basilar region of the dorsicornu—lateral parts of lamina V—VI by Rexed.

Its greatest density is manifested in the intrinsic nucleus of the dorsicornu, the gray intermediate nucleus of Cajal, the internal basilar nucleus, the medial regions of lamina III — VI by Rexed and the lateral groups of motoneurons.

The absence of the terminal degeneration of afferents in lateral parts of lamina V—VI by Rexed confirms neurophysiological data that the afferent segment and pyramidal systems of the cat have a relatively separate apparatus of inserted neurons (specific) located in an external basilar region of the cat lumbar spinal cord. Their common apparatus of inserted neurons (non-specific) is located in medial regions of lamina III—VI by Rexed.

До питани
з твер
на серцево-