

Г. Е. Григорян

### К морфофункциональной организации задних столбов спинного мозга

(Представлено академиком АН Армянской ССР С. К. Карапетяном 29. XII 1959)

В литературе, посвященной проблеме морфофизиологической структуры проводящих путей спинного мозга, имеются отдельные указания на то, что деструкция дорсальных канатиков у животных приводит к различной интенсивности нарушения сенсомоторных и условнорефлекторных функций в зависимости от области повреждения туловищного мозга.

Так, было обнаружено (1-3), что при хирургической травме пучков Голля и Бурдаха на уровне шейных сегментов нарушается локомоторная функция преимущественно передних конечностей, тогда как локомоторная функция задних конечностей нарушается в значительно меньшей степени.

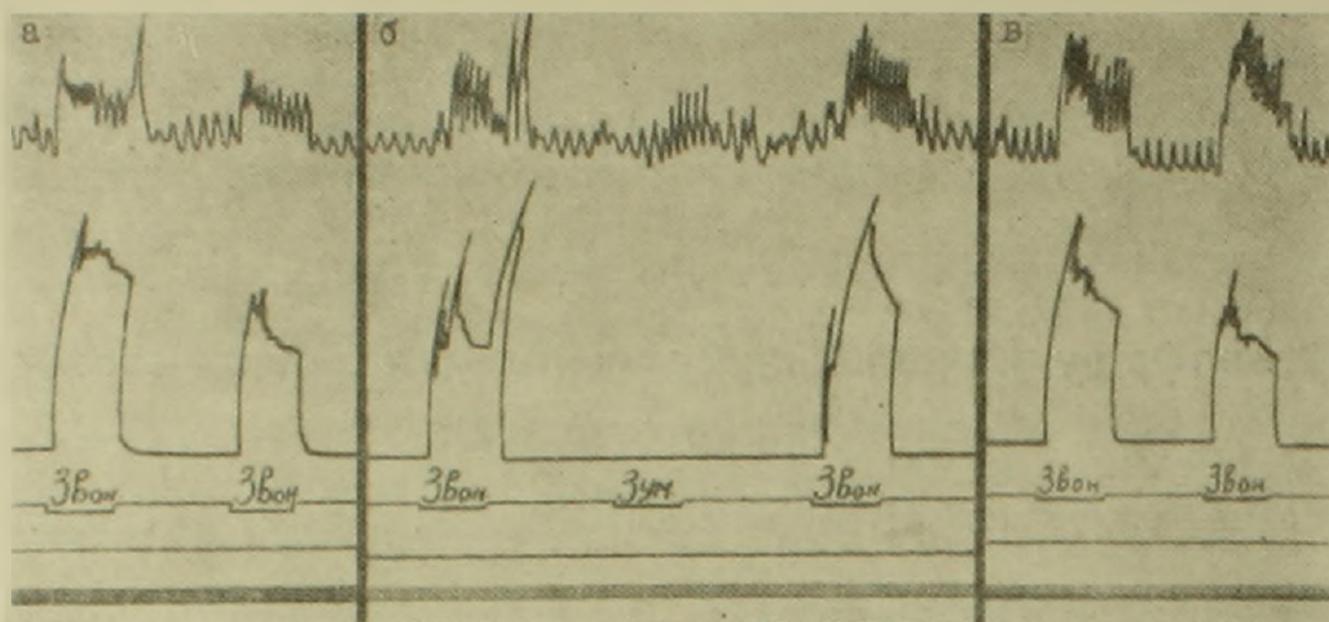
Возникает вопрос, какова удельная роль „нежных“ и „клиновидных“ пучков различных сегментов грудного отдела спинного мозга по отношению к функциональной деятельности задних конечностей?

Для разрешения этой задачи мы пользовались методом повторной экстирпации задних столбов. Суть этого приема заключалась в том, что после первой спинальной операции, спустя некоторое время, производилась аналогичная операция выше или ниже первоначальной. Удаление задних столбов спинного мозга производилось по ранее описанному способу (4). В качестве экспериментального объекта служили собаки (в количестве—9) различного возраста, у которых по щадящей методике (5,6) исследовались условнодвигательные тонические рефлексy с задних конечностей. После завершения функциональных экспериментов спинной мозг каждого подопытного животного подвергался контрольной гистоморфологической обработке.

Ввиду однотипности полученных результатов в качестве иллюстрации приведем 2 примера.

У собаки № 16 в возрасте 2—3 лет выработка двигательных условных рефлексy производилась с левой задней конечности. Первая положительная реакция со стороны конечности появилась на четвертом сочетании „звонка“ с электрическим раздражением кожи лапы.

Тонический компонент появился на 25—30 сочетании. Упрочение условной тонической реакции наступило на 45—50 сочетании. Дифференцировка оказалась „нулевой“ с первого же применения зуммера (фиг. 1а).



Фиг. 1. Собака № 16, электрооборонительные двигательные условные рефлексы; а—до экстирпации задних столбов спинного мозга; б—на 5 день после первой спинальной операции; в—на 3 день после второй спинальной операции.

Обозначения сверху вниз: пневмограмма, запись движения задней конечности, отметка условного раздражения, отметка безусловного раздражения, отметка времени в секундах.

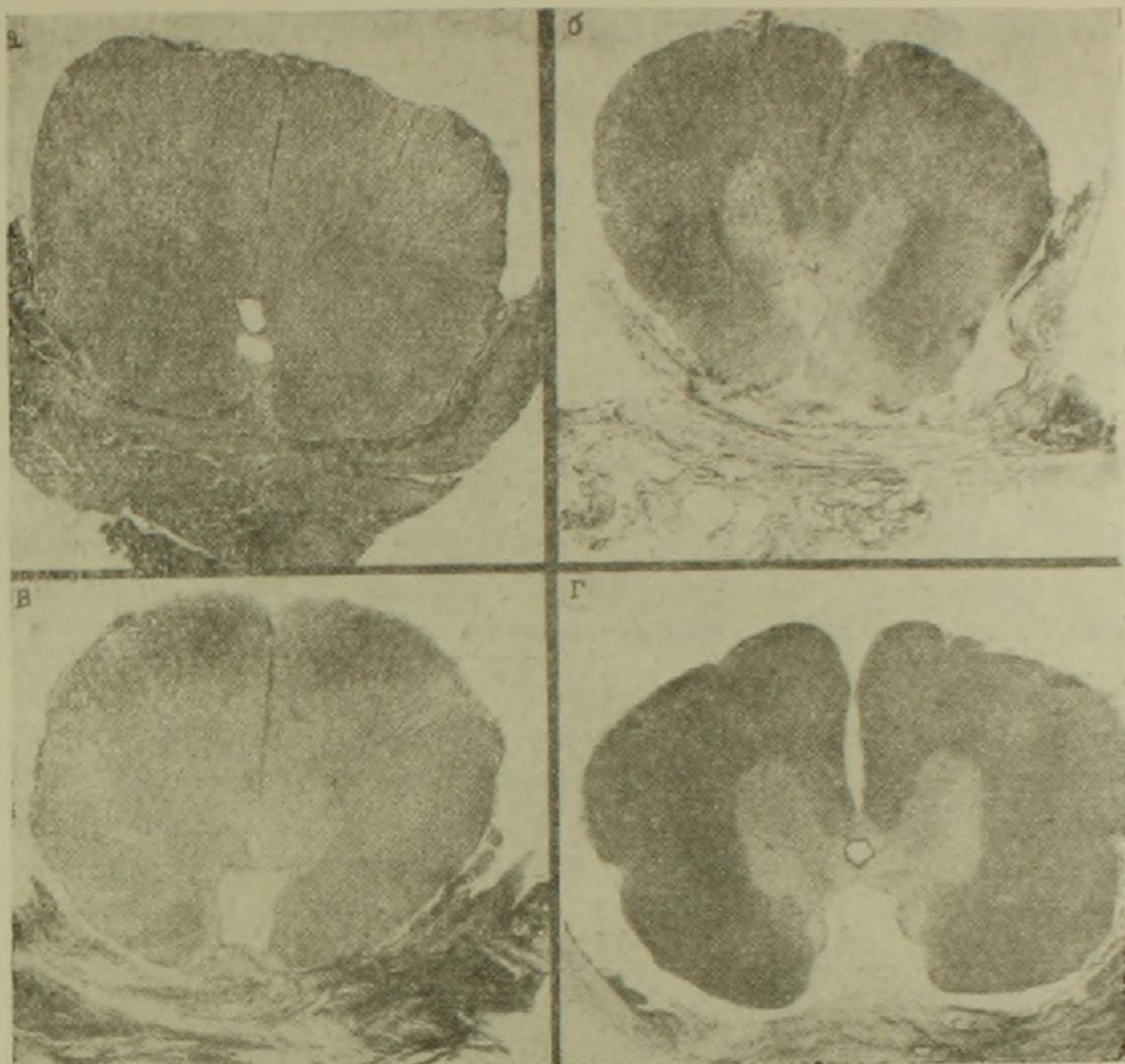
19.2.57 г. были экстирпированы задние столбы спинного мозга в области Th 8—9 позвонков на протяжении 20 мм. Спустя 5 дней после операции на первом же опыте условный положительный рефлекс оказался налицо. Однако форма его проявления претерпевала характерные изменения: на условный сигнал животное дергало лапой (фазическая реакция) после которого сгибало ногу и держало ее согнутой (тонический компонент (фиг. 1б)).

Спустя 2 недели после первой спинальной операции 5.3.57 г. было произведено повторное удаление дорсальных канатиков в области Th 3—4 позвонков на протяжении 20 мм. На третий день после второй операции в первом же опыте был зафиксирован положительный условный тонический рефлекс (фиг. 1в).

Таким образом, первичное повреждение задних столбов спинного мозга в области нижних грудных сегментов хотя и не приводит к выпадению локального двигательного условного рефлекса, но ослабляет, в некоторой степени, тонический компонент последнего. Однако со временем, применяя определенное количество сочетаний, снова появляется тоническая форма двигательного условного рефлекса. Повторное удаление пучков Голля и Бурдаха выше первоначальной операции на 4—5 позвонков не приводит к дополнительному нарушению тонического компонента двигательного условного рефлекса.

Послесмертное гистологическое исследование поврежденных участков спинного мозга животного показало, что операцией пол-

ностью и локально были экстирпированы задние столбы на всем протяжении операционного поля. Место удаленной ткани было заполнено рубцовой тканью (фиг. 2а, б).

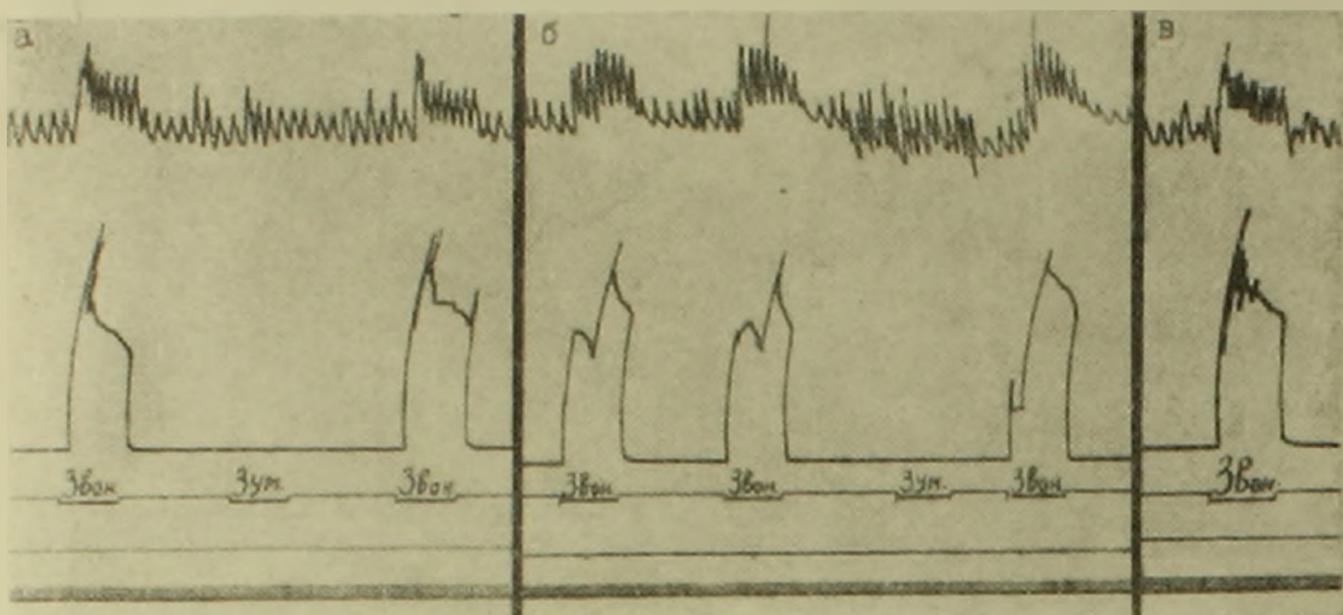


Фиг. 2. Микрофото поперечных срезов поврежденного спинного мозга; а—собака № 16, место первой спинальной операции на уровне Th 8—9 позвонков. На препарате отсутствуют задние столбы. Препарат окрашен методом Вейгерта; б— место второй спинальной операции на уровне Th 3—4. На препарате отсутствуют задние столбы; окраска препарата гематоксилин-эозином; в— собака № 22, место первой спинальной операции на уровне Th 5—6. На препарате отсутствуют задние столбы; окраска препарата — методом Ганзена; г— место второй спинальной операции на уровне Th 10—11. На препарате отсутствуют задние столбы. Препарат окрашен гематоксилин-эозином.

У другой собаки № 22 в возрасте 6—7 месяцев выработка двигательных условных рефлексов началась спустя 5 дней после предварительного удаления задних столбов в области Th 5—6 позвонков на протяжении 20 м.м. Первые условные рефлексы в виде слабого дергания задней правой конечности отмечались на 5 сочетаниях. Тонический компонент появился на 20 сочетаниях; упрочение тонической реакции наступило после 45 сочетания (фиг. 3а).

Спустя 3 недели после первой спинальной операции 29.4.58 г. было произведено повторное удаление дорсальных канатиков в области Th 10—11 позвонков на протяжении 20 м.м. На следующий день после операции отмечалась довольно резкая декомпенсация координа-

ции движения задних конечностей. На второй день при первом же опыте по условным рефлексам оказалось, что хотя на условный положительный сигнал животное поднимало соответствующую лапу, однако, был резко расстроен тонический компонент рефлекса и не только на условный, но и на безусловный раздражитель. В результате



Фиг. 3. Собака № 22. Электрооборонительные двигательные условные рефлексы; а—после предварительной экстирпации задних столбов в области Th 5—6; б—на 4—5 день после второй операции на уровне Th 10—11; в—на 8—10 день после повторной спинальной операции.

этого животное за все время действия условного сигнала неоднократно подвергалось воздействию электрического тока (подкрепление). В последующие дни с применением соответствующего количества сочетаний наступила тоническая реакция сперва на безусловный раздражитель, когда животное на электрический ток сгибало лапу и держало ее на весу; условный тонический рефлекс в этот период был еще недостаточно прочным (фиг. 3б). На 50—60 сочетаниях появилась тоническая реакция и на условный сигнал (фиг. 3в).

Таким образом, повторное удаление дорсальных канатиков спинного мозга ниже первой операции на 5 позвонков приводило к заметному нарушению тонического компонента двигательного условного рефлекса.

Гистоморфологический анализ поврежденного спинного мозга показал тотальное и изолированное удаление нежных и клиновидных пучков как в области первой, так и во второй спинальной операции (фиг. 2в, г).

Теперь, чем объяснить то обстоятельство, что анатомическое разобщение путей проприоцепции—дорсальных канатиков, произведенное в различных отделах спинного мозга, результирует в неодинаковой степени нарушения тонического двигательного условного рефлекса задних конечностей? Почему перерезка задних столбов в шейных сегментах приводит к более слабому нарушению кинестетической рецепции задних лап, чем в средних и нижних грудных сегментах? Почему повторное повреждение пучков Голля и Бурдаха ниже первой

операции приводит к более резкой и длительной декомпенсации тонического двигательного рефлекса, чем когда идентичная операция производится выше первоначальной?

Следует отметить, что на эти вопросы в литературе мы не находили ответа. Исходя из этого, нами были предприняты специальные гистоморфологические исследования, с целью выяснения анатомической основы вышеописанных физиологических данных.

Были использованы 3 щенка в возрасте 1,5—3—6 месяцев. Спустя 10 дней после частичной экстирпации задних столбов в области Th 8—9 позвонков на протяжении 20 мм животные были забиты. Из различных отделов спинного мозга, начиная от места повреждения и выше до продолговатого мозга, брались отдельные кусочки и фиксировались для гистологической обработки по стандартному методу Марки.

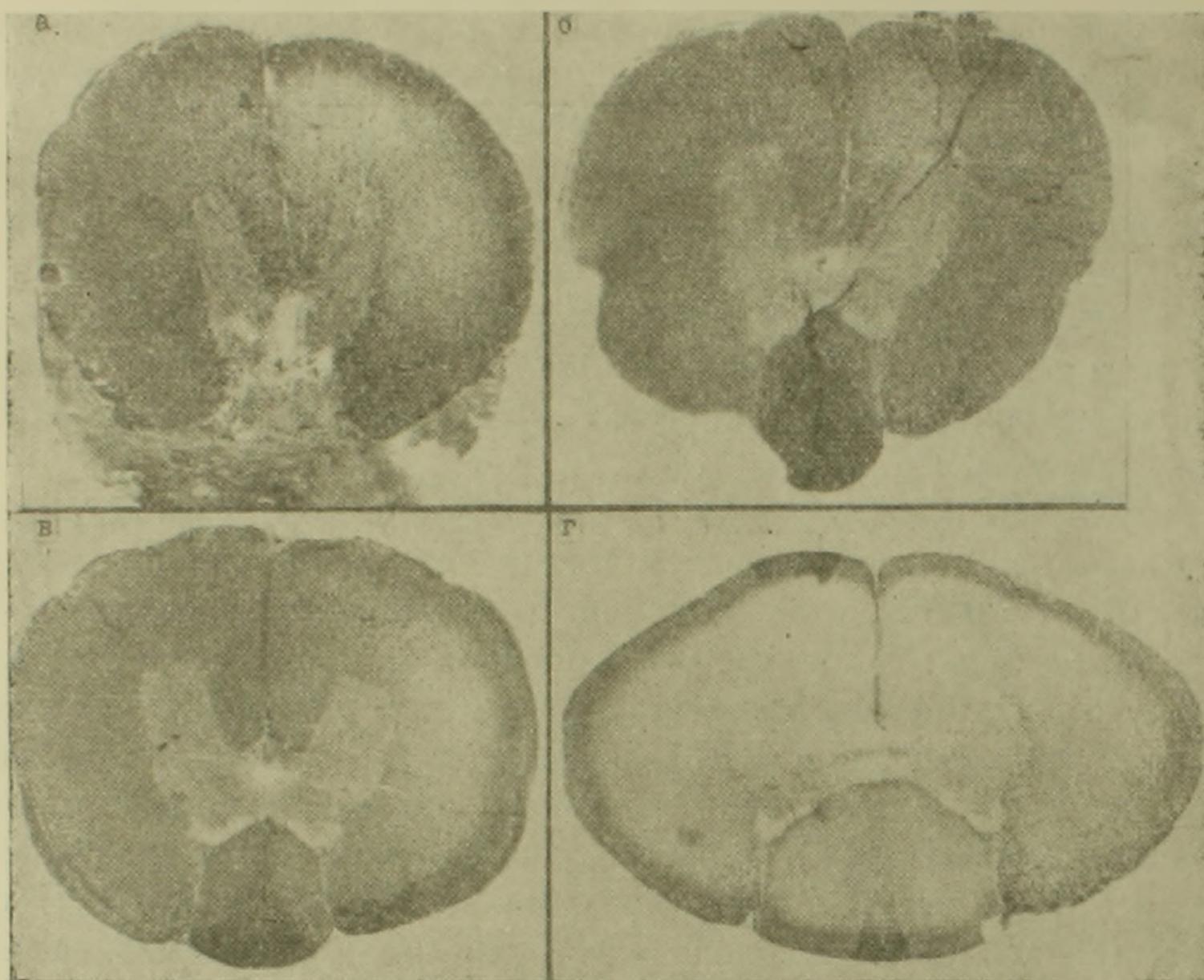
Результаты этих экспериментов были следующие: во-первых, у всех животных контрольный гистологический анализ показал полное и локальное удаление задних столбов в области операции (фиг. 4а). Далее, характерной особенностью вторичной восходящей дегенерации являлось то, что на 1—2 сегмента выше места спинальной операции волокна дорсальных канатиков в значительном количестве оказались перерожденными. Кроме того, отмечалась большая концентрация дегенерированных волокон в области задне-бокового канатика спинного мозга, что соответствует месту проекции *tr. cortico spin. later.* и *tr. spino-cerebellaris dors.* Наконец, масса диссеминированных перерожденных „точек“ почти по всему поперечнику спинного мозга (фиг. 4б).

Дальнейшая картина локализации восходящих дегенерированных волокон заключалась в том, что на уровне передних грудных сегментов отмечалась максимальная кумуляция перерожденных волокон в зоне пучка Голля, занимающая более дорсальную часть задних столбов. Кроме того, были отчетливо выражены поврежденные очаги в задне-боковых отделах спинного мозга и вентральнее от передних рогов (фиг. 4в).

На уровне шейного утолщения, помимо изолированного перерождения волокон нежных пучков, отмечалась значительная дегенерация в области прохождения *tr. cortico-spinalis lat.* и *tr. spinocerebellaris dors. et vent.* (фиг. 4г).

Таким образом, полученные результаты в совокупности с ранее опубликованными данными (7,8) показывают, что у собак в возрасте 1,5—6 месяцев локальное удаление задних столбов спинного мозга в области грудных сегментов приводит к вторичному восходящему перерождению волокон нежных и клиновидных пучков не только выше места повреждения, но и волокон других трактов белого вещества спинного мозга, в частности, задне-бокового и переднего отделов последнего. Далее, по мере удаления от места деструкции спинного мозга в роstralном направлении, выраженный диссеминированный

характер перерождения аксонов постепенно переходит к более очаговому типу дегенерации в шейных отделах спинного мозга. Наконец, сопоставляя величину области, занимаемой перерожденными во-



Фиг. 4. Щенок № 2 в возрасте 1,5 месяцев). Микрофото поперечного среза поврежденного спинного мозга, обработанного методом Марки; а — место удаления задних столбов (Th 8—9). На препарате отсутствуют дорсальные канатики; б — потеречник среза выше на один сегмент от места повреждения (Th 7). Полное перерождение волокон задних столбов; в — область передних грудных сегментов (Th 3—4). Видно изолированное перерождение пучка Голля, а также очаги перерожденных волокон преимущественно в области задне-бокового и переднего трактов спинного мозга; г — область шейного утолщения (С 3—4). На препарате виден локальный перерожденный пучок Голля и значительные дегенерированные очаги в области задне-боковых отделов.

локнами пучков Голля на уровне нижних грудных сегментов с областью того же тракта с дегенерированными волокнами шейного отдела спинного мозга, можно отметить следующее, что по краниопетальному направлению идет постепенное суживание, „разгрузка“ зоны нежных пучков за счет уменьшения количества их волокон.

Последний факт и помогает теперь понять, почему повреждение дорсальных канатиков на уровне нижних грудных сегментов приводит к более резким нарушениям координации движения в задних конечностях, нежели когда аналогичное повреждение локализуется на уровне шейных сегментов спинного мозга. Более того, становится

ясным, почему повторная экстирпация пучка Голля ниже места первой операции приводит к более значительной дисфункции, чем когда она производится выше этого места.

Резюмируя вышеописанное, можно отметить следующее: функциональная индивидуальность пучка Голля в шейных, верхних и нижних грудных сегментах обусловлена его анатомической неравнозначностью в различных отделах спинного мозга. Чем ближе к люмбальному утолщению, тем больше количество волокон в составе нежных пучков и наоборот, по восходящему направлению количество волокон постепенно уменьшается.

Институт физиологии им. академика Л. А. Орбели  
Академии наук Армянской ССР

#### Գ. Ե. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ

### Ուղևուղեղի ետևի սյուների մորֆոլոգիայի և ֆունկցիայի հարցի շուրջը

Կրականությունից հայտնի է, որ ողնուղեղի «նուրբ» և «սեղաձև» ուղիների հատումը պարանոցի շրջանում առաջ է բերում առավելապես առաջնային վերջավորությունների ֆունկցիաների խանգարում:

Օգտվելով ողնուղեղի ուղիների կրկնակի վնասման մեթոդիկայից, այսինքն, երբ առաջին օպերատիվ միջամտությունից որոշ մամանակ անց կատարվում է երկրորդը, ըստ տեղադրության ավելի առաջ կամ ետ սկզբնական վնասման տեղից, մեզ հաջողվեց ցույց տալ, որ երբ ողնուղեղային երկրորդ օպերացիան կատարվում է առաջինից մի քանի սեգմենտ ետ, ապա այդ դեպքում կոնքային վերջավորությունների ինչպես անոպամանական այնպես էլ պլայմանական սեֆլեկտոր ֆունկցիաները խանգարվում են անհամեմատ զգալի չափով, քան այն դեպքում, երբ երկրորդ ողնուղեղային միջամտությունը կատարվում է առաջինից վեր:

Հարց է ծագում ինչով կարելի է բացատրել այն, որ ողնուղեղի տարբեր հատվածների (պարանոցային, վերին և ստորին կրծքային) ետևի սյուներն ունեն ֆունկցիոնալ տարբեր նշանակություն:

Այս հարցին պատասխանելու համար մեր կողմից ձեռնարկվեց հատուկ հիստոմորֆոլոգիական հետազոտություն: Օգտվելով ողնուղեղի երկրորդային վերնրարձ կազմափոխման (դեղեներացիա) օրինաչափությունից, փորձի ենթակա կենդանիների ողնուղեղի մշակումը Մարկի մեթոդով ցույց տվեց, որ ողնուղեղի ետևի սյուների մասնակի հեռացումից 10—11 օր անց, ուղիների կազմափոխում է նկատվում ոչ միայն ետևի սյուների ներվաթելերում կտրվածքից վեր, այլև ողնուղեղի սպիտակ նյութի մյուս բաժիններում՝ կողմնային և առաջնային սյուներում: Բացի այս սկզբովեց, որ որքան հեռանում ենք ողնուղեղի վնասված հատվածից դեպի կենտրոն, այնքան վնասված ներվաթելերի քանակը ետևի սյուներում պակասում է և ընդհակառակը, որքան մոտ ողնուղեղի զոտկային հատվածին այնքան շատանում է:

Այս տվյալները ցույց են տալիս, որ ողնուղեղի անատոմիական տարբեր հատվածներում ետևի սյուների վնասումից առաջացած, ըստ աստիճանի տարբեր ֆունկցիոնալ խանգարումները պլայմանավորվում են նրանով, որ ետին ծայրանդամներից եկող պրոպրիոցեպտիվ ներվուզիաների քանակը ետևի սյուների կազմում ողնուղեղի տարբեր հատվածներում տարբեր է, որքան մոտ զոտկային հաստուկին, այնքան շատ է ներվաթելերի քանակը, որի պատասխով այդ հատվածի ետին սյուների վնասումն առաջ է բերում անհամեմատ խորը և տևողական խանգարումներ ետին ծայրանդամներում, քան նույն վնասումը պարանոցային հատվածում, որտեղ ներվաթելերի քանակն ավելի նվազ է:

ЛИТЕРАТУРА — ՉՐԱՇՈՒՄՆԵՐ

<sup>1</sup> В. М. Бехтерев. Основы учения о функциях мозга, вып. 3, 1903. <sup>2</sup> Л. С. Гамбарян. Условные рефлексы у собак после высокой перерезки задних столбов спинного мозга, Изд. АН АрмССР (1953). <sup>3</sup> Л. С. Гамбарян, ДАН СССР, т. ХСVIII, № 2 (1954). <sup>4</sup> Г. Е. Григорян, Изв. АН АрмССР (сер. биол.), т. 10, № 8 (1957). <sup>5</sup> В. П. Петропавловский, Физиологический журнал СССР, т. 18, № 2, 1934. <sup>6</sup> Л. С. Гамбарян, Труды института им. И. П. Павлова, т. 1, 1952. <sup>7</sup> Г. Е. Григорян, Известия АН АрмССР (сер. биол.), т. 11, № 10 (1958). <sup>8</sup> Г. Е. Григорян, ДАН АрмССР, т. 28, № 1 (1959).

