

Т. Г. Урганджян

ВОССТАНОВЛЕНИЕ НАРУШЕННЫХ ФУНКЦИЙ ПОСЛЕ
ОДНОВРЕМЕННОЙ И РАЗНОВРЕМЕННОЙ ПЕРЕРЕЗКИ
ПЕРЕДНЕЙ И ЗАДНЕЙ ПОЛОВИНЫ СПИННОГО МОЗГА
У СОБАК*

Работами Э. А. Асратяна [1] и его сотрудников [2—5] бесспорно доказана решающая роль коры больших полушарий головного мозга в процессе компенсации функций, нарушенных в результате органических поражений центральной и периферической нервной системы. Продолжая исследования в этом направлении, мы, по предложению Э. А. Асратяна, поставили задачей изучить последствия и механизм компенсаторной приспособляемости у собак после одновременной и разновременной перерезки передней и задней половины спинного мозга.

В настоящей работе, наряду с другими вопросами, нас интересовали также особенности восстановления функций в процессе онтогенетического развития. Изучение особенностей компенсаторных приспособлений в онтогенезе и филогенезе позволит глубже вскрыть механизмы восстановления функций травмированного организма.

Для анализа наступающих явлений, кроме клинических наблюдений и тщательного протоколирования нарушений, вызванных нашим оперативным вмешательством, применялись следующие методические приемы исследования: выработка электрооборонительных условных рефлексов на акустические (звонок), зрительные (свет) и кожно-механические (касалка) раздражители с одновременной регистрацией дыхания; определение порогов сгибательного рефлекса; определение кожной чувствительности конечностей к теплу ($T=80^{\circ}$) и к холоду ($T=2-3^{\circ}$). Все эти исследования производились на животных сначала в здоровом состоянии, а в дальнейшем, после оперативного вмешательства, до предельного восстановления функций.

Опыты были проведены на четырнадцати щенках от 2 до 6-месячного возраста. Из них у семи была произведена разновременная перерезка передней и задней половин спинного мозга, у семи — перерезка только задней половины спинного мозга. Из четырнадцати взрослых собак у девяти производилась одновременная, а у пяти — разновременная перерезка передней и задней половин спинного мозга. У

* Работа доложена на II Закавказском съезде физиологов, фармакологов и биохимиков, Боржом, 1956.

всех четырнадцати собак и семи щенков передняя половина спинного мозга перерезалась на уровне V грудного позвонка, а задняя половина—на уровне XII грудного позвонка. У остальных семи щенков на уровне V грудного позвонка была произведена перерезка задней половины спинного мозга. Результаты исследований сводятся к следующему.

Одновременная перерезка передней и задней половин спинного мозга у взрослых собак вызывала исключительно глубокие и довольно длительные нарушения двигательных, чувствительных и вегетативных функций. В первые и последующие 10—15 дней после операции собаки лежали с вытянутыми ригидными конечностями. Укол, ущемление кожи ниже уровня операции, сильные сдавливания лап и хвоста, электрические и термические раздражения не вызывали никакой двигательной реакции. Состояние глубокого спинального шока без существенных изменений сохранялось в течение 7—10 дней, после чего начиналось весьма медленное и постепенное восстановление рефлекторного сгибания сперва передних (2—3-й день после специальной операции), а затем через семь дней задних конечностей. У шести собак в этой стадии наблюдался феномен Э. А. Асратяна (вытягивание лап в ответ на кличку, показ мяса или раздражение рецепторов голowy).

На 23—30-й день после операции собаки передвигались при помощи передних лап, подтягивая на тыльной поверхности экстензированные ригидные задние лапы. Эти положительные сдвиги в процессе дальнейшего своего развития приводили к восстановлению нарушенных функций стояния (спустя 30—60 дней после операции), ходьбы и бега (через 30—90 дней). Однако при этом наблюдалась атактичность походки и слабость задних конечностей. При быстрой ходьбе, беге и особенно при поворотах они часто падали и очень быстро утомлялись.

Как показали наши наблюдения, в течение 6—18 месяцев у многих наших подопытных взрослых собак моторика пораженных конечностей восстановилась неполностью. При внимательном наблюдении и тщательном изучении все же можно было оперированных собак отличить от здоровых.

Расстройства вегетативного характера прежде всего выражались в повышении температуры кожи задних конечностей. Разница кожной температуры передних и задних конечностей достигала 4—8°C. У всех оперированных собак в течение семи дней после операции наблюдалось расстройство акта дефекации и мочеиспускания. Сперва (спустя 7—10 дней после операции) восстановилась нормальная функция прямой кишки, а спустя еще 7—10 дней восстановилась функция мочевого пузыря. Порог сгибательного рефлекса конечностей, особенно задних, к индукционному току сильно повышался. Так, например, если до спинальной операции расстояние между первичной и вторичной катушками индукционного аппарата составляло 12—14 см, то после операции оно стало 8—10 см.

У многих собак, несмотря на хорошее питание, наблюдалось похудание. У ряда подопытных животных появились пролежни в области тазобедренного сустава, выпадение волос и т. д.

Все двигательные, чувствительные и вегетативные нарушения, вызванные у собак одновременной перерезкой передней и задней половины спинного мозга, в течение 2,5—3,5 месяцев почти полностью исчезали, собаки могли стоять, довольно свободно ходить и бегать.

Картина относительно осложняется также в случаях двухсторонних разновременных перерезок (передней и задней половин) спинного мозга.

У четырех собак (Красавица, Овчарка, Умница и Белка) после второй операции (вторая перерезка производилась с другой стороны, или передней или задней половины спинного мозга) имел место ряд глубоких нарушений двигательных, вегетативных функций и чувствительности. Восстановление указанных нарушений длилось 40—50 дней, т. е. протекало медленнее, чем после первой операции. Эти данные говорят в пользу того, что восстановление нарушенных функций после односторонней перерезки спинного мозга происходит в основном за счет неповрежденной, оставшейся части спинного мозга и что в каждой половине спинного мозга, кроме основных проводящих нервных пучков, имеются и „запасные“. „рассеянные“, нервные пути. Можно допустить, что эти „запасные“, „рассеянные“ пути в нормальном организме не имеют такого важного значения, которое они приобретают при патологии, при повреждении основных путей.

Как показали наши исследования, и у щенков как после перерезки передней половины, так и после перерезки задней половины спинного мозга, а также после разновременной перерезки передней и задней половин спинного мозга возникает ряд нарушений двигательных вегетативных функций и чувствительности, которые наблюдались у взрослых собак после аналогичных оперативных вмешательств. Однако эти расстройства у щенков бывают незначительными, неглубокими и быстропроходящими.

Спустя 8—15 дней после операции имеет место значительное восстановление функций, что выражается в нормальной стойке и локомоции оперированных щенков.

Таким образом, восстановление функций у щенков при прочих равных условиях происходит быстрее и в более совершенном виде, чем у взрослых собак. Следует отметить, что восстановление моторных функций происходит постепенно и очень медленно. Момент постепенности в восстановлении функций имеет известное значение, поскольку он является показателем „научения“. Однако, чтобы получить материал, более определенно доказывающий правильность предположения о том, что в указанных компенсаторных явлениях участвует „научение“, установить в некоторой степени пределы этого участия, а также выяснить вопрос о роли коры больших полушарий

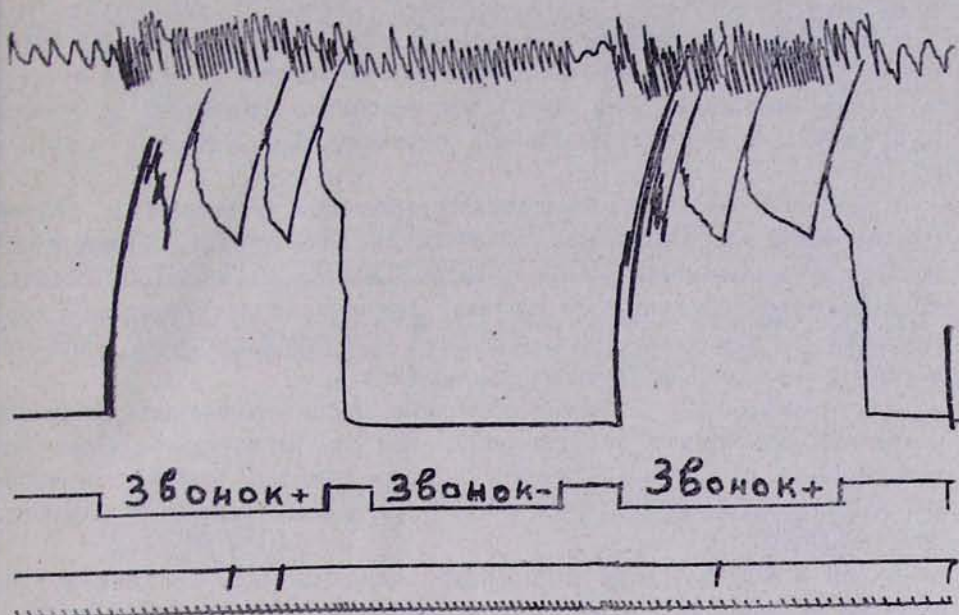
головного мозга в процессе перестройки функций у животных (14 щенков и 11 взрослых собак), мы вырабатывали электрооборонительные условные рефлексы с задних, т. е. пораженных конечностей.

В процессе работы последовательность проведения операций и опытов по изучению условнорефлекторной деятельности у животных изменялась. У некоторых из них (четыре взрослых собаки и девять щенков) вначале была произведена операция, а затем начата выработка условных электрооборонительных рефлексов и изучение их особенностей, на других (пять щенков и шесть собак) работа велась в обратном порядке: сначала вырабатывались электрооборонительные условные рефлексы, изучались особенности условнорефлекторной деятельности, затем производилась операция и велось дальнейшее изучение условнорефлекторной деятельности.

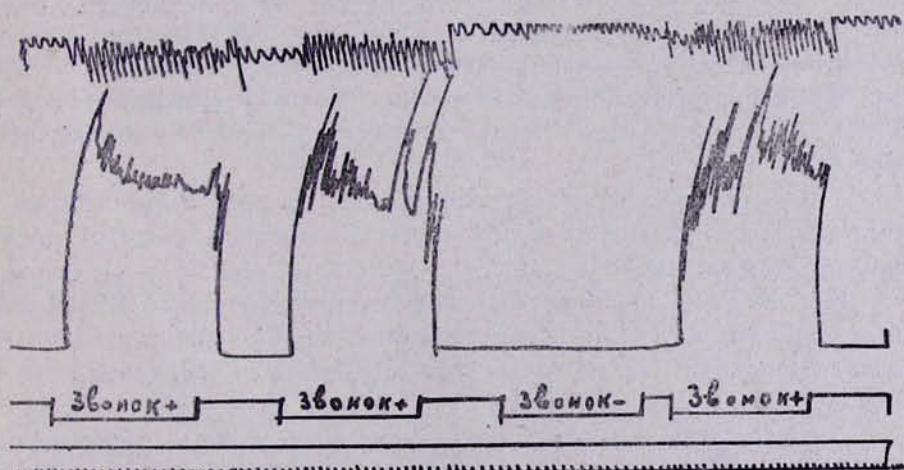
У всех животных первой группы электрооборонительные условные рефлексы после оперативного вмешательства временно исчезали. Безусловный рефлекс был заметно угнетен. Электрооборонительные условные рефлексы появились примерно спустя 70—90 дней после спинальной операции, однако дифференцировка оказалась расторможенной. Следует указать, как на характерную черту патологии вышей нервной деятельности, на неустойчивость общего фона условнорефлекторной деятельности оперированных животных. Как показали наши опыты, в послеоперационном периоде у собак наблюдались фазовые явления. После многократных подкреплений у оперированных собак восстанавливались хорошо выраженные, прочные двигательные условные рефлексы. Эти рефлексы были очень живыми, ровными, к концу опытного дня не снижались, латентный период не превышал секунды. В этой стадии полностью восстановилась дифференцировка. Восстановленные рефлексы почти ничем не отличались от рефлексов, выработанных до спинальной операции (рис. 1 и 2).

Для восстановления угнетенных условных рефлексов у щенков первой группы потребовалось 8—10 сочетаний. Следует отметить, что восстановившиеся и вновь образованные электрооборонительные условные рефлексы у щенков были неустойчивыми. Они то появлялись, то вновь исчезали и очень быстро угашались. К концу опыта латентный период условного рефлекса удлинялся, высота подъема лапы уменьшалась, и иногда эффекты на положительные условные сигналы обнаруживались не на каждое раздражение. С течением времени у всех щенков были хорошо выраженные, четкие положительные условные рефлексы и нулевые дифференцировки. На фиг. 3 приведены киммограммы электрооборонительных условных рефлексов у щенков после разновременной перерезки передней и задней половин спинного мозга.

Для выяснения возможности выработки новых условных рефлексов после спинальной операции у собак и щенков первой группы, помимо ранее выработанных, в систему условных раздражителей были введены новые условные сигналы. При этом последние были по-



Фиг. 1. Собака Севук. Электрооборонительные условные рефлексы до одновременной перерезки передней и задней половин спинного мозга. Обозначения сверху вниз: запись дыхательных движений, запись двигательной реакции задней конечности, отметка условного раздражителя, отметка безусловного раздражителя, отметка времени (деление равно 1 сек.), знак плюс означает положительный условный раздражитель, знак минус — отрицательный



Фиг. 2. Собака Севук. Электрооборонительные условные рефлексы после спинальной операции. Обозначения см. на фиг. 1

лучены через 2—5 подкреплений электрическим током и оказались прочными.

Выработка электрооборонительных условных рефлексов у щенков и взрослых собак второй группы была начата в стадии восстановления локомоции. Для выработки условных рефлексов у щенков этой группы потребовалось 20—25 сочетаний, а у взрослых собак—65—80.

Процесс образования условных рефлексов у животных второй группы имел такой же характер и течение, как у собак первой группы. Следует подчеркнуть, что в первые дни после операции особенно была неполной дифференцировка. Эти нарушения коркового торможения у наших животных, особенно у щенков, должны быть отнесены к изменениям тормозного процесса.

Для выработки условных рефлексов после спинальной операции потребовалось больше подкреплений, чем для их восстановления. Таким образом, у животных второй группы удалось выработать хорошо выраженные прочные электрооборонительные условные рефлексы (фиг. 4).

Для испытания силы тормозного процесса были применены следующие испытания: а) удлинение дифференцировки от 15 до 20—30 сек. и б) прерывистое и непрерывное угашение положительной условной реакции.

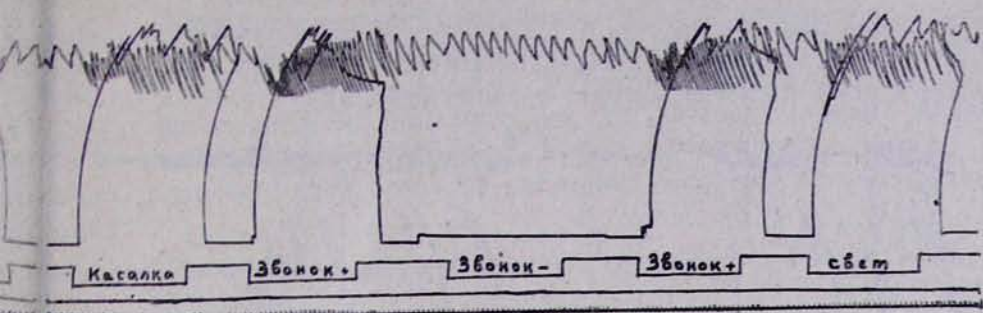
Пробы с прерывистым угашением положительной условной реакции на звонок и касалку, произведенные до и после спинальной операции, показали, что при двухминутном промежутке между раздражениями угашение после операции протекает более равномерно и быстрее. Так, например, если условный рефлекс на звонок угас у взрослых собак на 9—15-м применении условного раздражителя без подкрепления, то до операции угашение наступало только на 40—50-м применении, а у щенков — до операции через 12—14, после операции через 5—7, после же второй операции — через 3—5 применений (фиг. 5).

Указанный факт можно рассматривать как результат быстрой истощаемости нервных клеток поврежденной нервной системы (запретительное торможение).

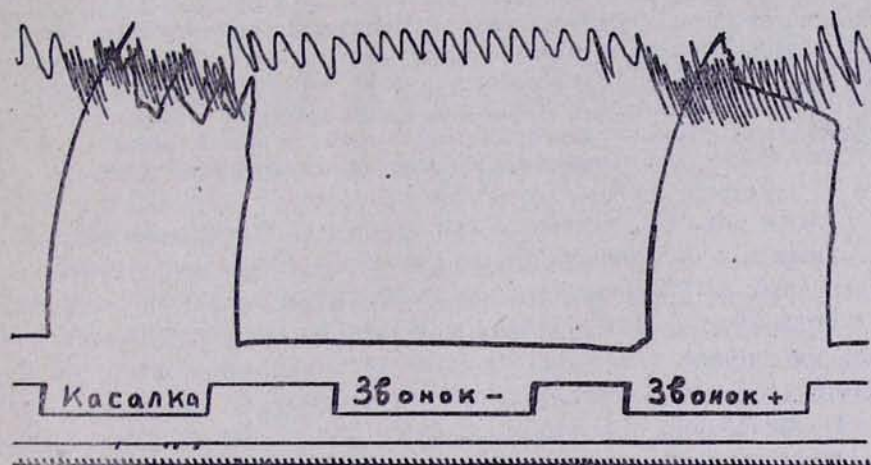
Как показали наши исследования, при повреждении задней половины спинного мозга угашение положительной условной реакции (касалка) происходит быстрее, чем при повреждении передней его половины.

Далее у этих животных изучалась возможность переключения условнорефлекторной деятельности с одной задней конечности на другую с целью оценки как участия коры больших полушарий головного мозга в процессе восстановления функций, так и оценки состояния кожной чувствительности.

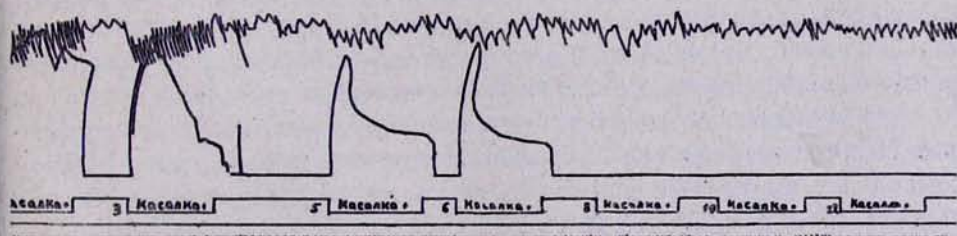
Как показали наши опыты, при перемещении манжеток от электродов и регистрирующего прибора у взрослых собак и щенков с од-



Фиг. 3. Щенок Красица. Электрооборонительные условные рефлексы после разновременной перерезки передней и задней половин спинного мозга на разных уровнях

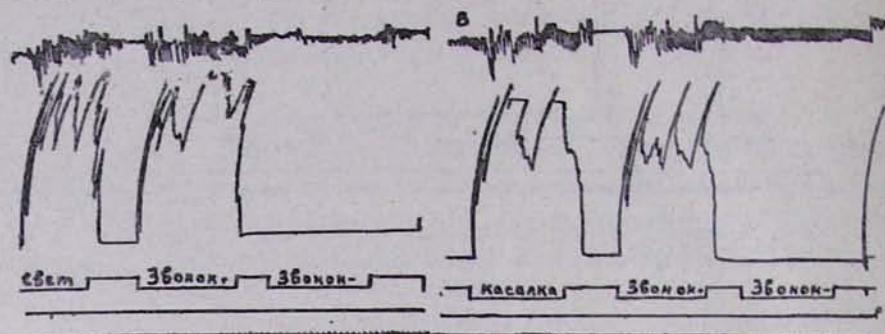


Фиг. 4. Собака Желтая. Электрооборонительные условные рефлексы после одновременной перерезки передней и задней половин спинного мозга на разных уровнях. Обозначения см. фиг. 1



Фиг. 5. Щенок № 7. Опыт 8.9 1956 г. Угашение положительного условного рефлекса на касалку после разновременной перерезки передней и задней половин спинного мозга

ной задней лапы на другую с первого же опыта получается хорошо выраженный эффект с той лапы, на которой находятся манжетки от электродов и регистрирующего прибора (фиг. 6).



Фиг. 6. Собака Желтая. Электрооборонительные условные рефлексы после одновременной перерезки передней и задней головок спинного мозга. Опыт с перемещением манжеток. А—манжетки от электродов и приборы для регистрации движения конечности прикреплены к левой задней лапе. В—манжетки от электродов и прибора для регистрации движения конечности прикреплены к правой задней лапе вместо обычно левой. Обозначения см. фиг. 1.

Таким образом, данные, полученные в опытах на щенках и взрослых собаках с органическими поражениями центральной нервной системы, дают нам основание заключить, что экстероцептивные импульсы с поверхности лапы, связанные с прикреплением манжетки и прибора, достаточны для того, чтобы вызвать переключение путей и направить условные импульсы по новому маршруту.

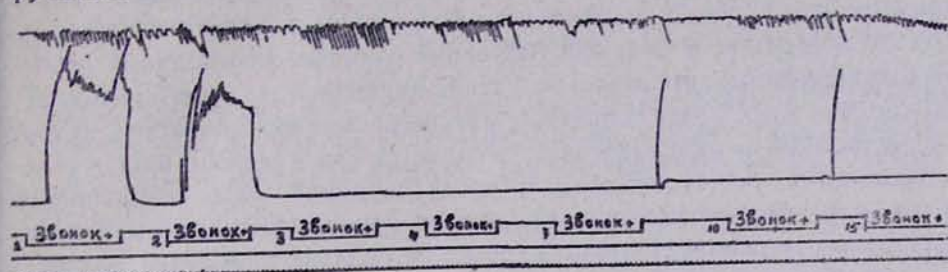
На основании полученных данных можно заключить, что принцип переключения имеет место в деятельности нервной системы не только у взрослых собак, но и у щенков как в норме, так и в патологии. Нет сомнения, что благодаря возможности „переключения“ эти специфические особенности корковой деятельности становятся физиологически более совершенными, значительно увеличивают способность организма к точному и тонкому приспособлению после органических поражений центральной нервной системы. Для всестороннего изучения динамики корковых процессов, наряду с регистрацией движения лапы, мы одновременно регистрировали также дыхательные движения.

Из результатов наших исследований явствует, что у всех взрослых собак и щенков условнорефлекторное изменение в дыхательном компоненте выявляется раньше и угашается гораздо позже, чем в двигательном компоненте (фиг. 7).

Следует отметить, что когда впервые вырабатывались или восстанавливались утраченные двигательные условные рефлексы „пораженных“ задних конечностей, их опорные и локомоторные функции еще оставались до некоторой степени нарушенными. Этот интересный факт свидетельствует о том, что деятельность коры больших полу-

шарий головного мозга в процесс восстановления функций включает-ся в первую очередь.

В целях проверки прочности компенсации функций, нарушенных в результате одновременной перерезки передней и задней половин спинного мозга на разных уровнях грудного отдела, в качестве про-воцирующего средства был применен 2% раствор морфия. После предельного восстановления функций подкожное введение морфия в дозах, применявшихся во время операции, вызывало декомпенсацию функций.



Фиг. 7. Щенок № 7. Опыт 18—26.VIII 1955 г. Угашение положительного условного рефлекса на сильный звонок на 15-й день после разновременной перерезки передней и задней половин спинного мозга

Это наблюдение в некоторой степени дает нам основание говорить о роли высших отделов центральной нервной системы в механизме восстановления функций.

Полученные нами на взрослых собаках фактические данные дают основание сделать заключение о решающем влиянии коры головного мозга в перестройке функций низших отделов центральной нервной системы и о преобладании условнорефлекторного механизма корковой деятельности над другими видами ее деятельности (трофические, безусловнорефлекторные и т. д.). Однако того же нельзя сказать относительно щенков. Из полученных данных явствует, что восстановление у щенков происходит значительно быстрее, чем у взрослых собак. Быстрое восстановление нарушенных функций у щенков определяется большей пластичностью нижележащих отделов центральной нервной системы, в том числе и самого спинного мозга. Большое значение имеет и тот факт, что после аналогичных оперативных повреждений центральной нервной системы у щенков нарушения бывают менее глубокими, чем у взрослых собак.

Быстрота восстановления функций, нарушенных в результате органических поражений центральной нервной системы, обусловлена также слабо выраженной локализацией и специализацией проводящих путей спинного мозга.

По окончании исследований или после гибели подопытных животных с целью патологоанатомического контроля, в частности для установления точности перерезки передней и задней половин спинного мозга, производились вскрытие и гистологические исследования поврежденного спинного мозга.

Работа по микроскопическому анализу производилась на кафедре патанатомии Ереванского медицинского института.

Патологоанатомические исследования поврежденного спинного мозга у двух собак показали, что уровень и полнота операции были правильны (передняя половина была перерезана на уровне V грудного позвонка, а задняя — на уровне XII).

В заключение мы считаем нужным еще раз подчеркнуть, что полученные нами экспериментальные данные являются новым доказательством правильности положения Э. А. Асратяна о динамической локализации функций в спинном мозгу и вообще в центральной нервной системе, т. е. в передней половине спинного мозга, кроме основных двигательных проводящих путей, имеются и чувствительные пути. За счет этих „рассеянных“, „запасных“ проводящих путей, за счет „перестройки“ и „мобилизации“ образуется связь между выше- и нижележащими по отношению к месту операции отделами спинного мозга, и в этих процессах у высших позвоночных животных решающая роль принадлежит коре больших полушарий головного мозга.

За счет этих механизмов и осуществляется у животных восстановление функций, нарушенных после ряда оперативных поражений, указанных в статье.

Տ. Գ. ՈՒՐԴԱՆՋՅԱՆ

ԽԱՆԳԱՐՎԱԾ ՖՈՒՆԿՑԻԱՆԵՐԻ ՎԵՐԱԿԱՆԳՆՈՒՄԸ ՇՆՆԵՐԻ ՄՈՏ
ՈՂՆՈՒՂԵՂԻ ԱՌԱՋՆԱՅԻՆ ԵՎ ԵՏԻՆ ԿԵՍԵՐԻ ՄԻԱՆՎԱԳ ԵՎ
ՏԱՐԲԵՐ ԺԱՄԱՆԱԿՈՒՄ ԿԱՏԱՐՎԱԾ ՀԱՏՈՒՄՆԵՐԻՑ ՀԵՏՈ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Նախորդ տարիներին սկսած մեր աշխատանքները շարունակելով խնդիր դրեցինք ուսումնասիրել շնների մոտ ողնուղեղի առաջնային և ետին կեսերի ինչպես միաժամանակ աչնպես էլ տարրեր ժամանակներում կատարված հատումներից առաջացած խանգարումների կլինիկական և վնասված ֆունկցիաների վերականգնման դինամիկան:

Ստացված փորձնական տվյալներն իրավունք են տալիս եզրակացնելու, որ ողնուղեղի առաջնային և ետին կեսերի միաժամանակյա կիսահատումներից առաջացած խանգարումները վերանում են 3—4 ամսվա ընթացքում (մեծահասակ կենդանիների մոտ) իսկ մինչև 6 ամսական թուլանների մոտ վնասված ֆունկցիաները վերականգնվում են 15—20 օրվա ընթացքում, ըստ որում վերականգնվում են ավելի կատարյալ կերպով, քան մեծահասակների մոտ:

Երբ ողնուղեղի առաջնային և ետին կեսերի հատումը կատարվում է տարրեր ժամանակներում՝ այսինքն երկրորդ հատումը կատարվում է առաջնային հատումի հետևանքների լրիվ անհետացումից հետո, տեղի է ունենում վնասված ֆունկցիաների (շարժողական, զգացողական և տրոֆիկ) դեկոմպենսացիա: Երկրորդային խանգարումները լինում են ավելի ուժեղ արտա-

հալտված, քան առաջին հատումից հետո առաջացած խանգարված ֆունկցիաների վերականգնումը տևում է 20—30 օր, ապա երկրորդ հատումից հետո մնացած ֆունկցիաների վերականգնումը տևում է 40—50 օր: Նույնանման պատկեր ենք տեսնում նաև թուլանների մոտ, որը սակայն տեղի է ունենում ավելի կարճ ժամանակամիջոցում: Ստացված ավյալները մեզ իրավունք են տալիս եզրակացնել, որ ողնուղեղի լուրաքանչլուր կետում, բացի հիմնական հաղորդակից ուղիներից, գոյություն ունեն նաև պահեստային՝ ցրված հաղորդակից ուղիներ, որոնց հաշվին և տեղի է ունենում մնացած ֆունկցիաների վերականգնումը:

T. G. Urghanjian

THE RECOVERY OF THE DISTURBED FUNCTIONS FOLLOWING SIMULTANEOUS AND NON-SIMULTANEOUS SECTION OF THE ANTERIOR AND POSTERIOR HALVES OF THE SPINAL CORD

Continuing our investigations begun some years ago, we have aimed in the present work to study in dogs the clinical picture and the dynamics of the recovery of disturbed functions following the simultaneous and non-simultaneous section of the anterior and posterior halves of the spinal cord.

The results of our experiments show that the functional disorders after the simultaneous section of both the anterior and posterior halves of the spinal cord disappear during 3—4 months in adult animals. As to puppies up to 6 months old, the restoration of the functions takes place in 15—20 days and it is more complete than in adult animals.

If the section of the anterior and posterior halves of the spinal cord is carried out at different times, as, for instance, if the second section is performed after the full recovery of the disorders succeeding to the section of the anterior half of the cord, then follows decompensation of the disturbed functions (motor, sensor and trophical). The secondary disturbances are heavier than those following the first section. Thus, the functional recovery after the first section lasted 20—30 days, while for the restoration of the disorders following the second section 40—50 days were needed.

A similar picture was obtained in puppies too, but these processes proceeded more rapidly in them.

On the basis of the data procured we may conclude that in each half of the spinal cord, besides the main tracts, exist „reserve“, „scattered“ tracts as well, which account for the recovery of the disturbed functions.

ЛИТЕРАТУРА

1. Асратян Э. А. Физиология центральной нервной системы. М., 1953.
2. Иванова С. Н. Роль коры больших полушарий в развитии компенсаторных приспособлений после половинных перерезок спинного мозга на уровне шейных сегментов. Вопросы экспериментального и клинического изучения последствий травмы спинного мозга. М., 1956.

3. Незлина Н. И. Роль коры больших полушарий головного мозга у собак в восстановлении функций, нарушенных в результате половинной поперечной перерезки ствола головного мозга на уровне варолиевого мозга. ДАН СССР, том 114, 1957.
4. Стефанцов Б. Д. Влияние высших отделов центральной нервной системы на деятельность спинного мозга у животных. Вопросы экспериментального и клинического изучения последствий травмы спинного мозга. М., 1956.
5. Урганджян Т. Г. Роль коры больших полушарий головного мозга в компенсаторных приспособлениях после перерезки передней половины спинного мозга у собак. ДАН АрмССР, том XXI, № 1, 1955.