

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

В. С. МИРЗОЯН, А. С. АНДРЕАСЯН

ПОСЛЕДСТВИЯ ПОЛНОГО И ЧАСТИЧНОГО РАСЩЕПЛЕНИЯ
ПОЯСНИЧНОГО УТОЛЩЕНИЯ СПИННОГО МОЗГА
В ОНТОГЕНЕЗЕ У КРОЛИКОВ

Еще в прошлом столетии Ван-Ден (Van-Denn [11]), Насер (Nasser [12]), Фодер (Foder [15]), Фолькман (Volkman [13]), Валентин (Valentin [14]) и др. занимались вопросами физиологии спинного мозга при оперативном расщеплении различных его отделов. Однако в их исследованиях как сложная координационная деятельность, так и уровень и степень повреждения спинного мозга не учитывались.

Чтобы доказать перекрещивание проводников «чувственных впечатлений» Броун-Секар [5] у морских свинок и у голубей производил расщепление различных отделов спинного мозга, обращая внимание на восстановление «перекрестных» рефлексов. На основании полученных данных он пришел к выводу, что «перекрещивание» происходит как в вышележащем отделе центральной нервной системы, так и в самом спинном мозгу, сохраняя взаимоотношение между правой и левой половинами спинного мозга. В дальнейшем та же мысль развивается Бехтеревым [4а], Россолимо [8], Гольцингером [6].

Альберт и Грюнбаун (Albert S. and Grünbaum B. A. [10]) у кошек производили продольное расщепление спинного мозга на уровне 5—6 сегмента поясничного отдела и на основании полученных данных пришли к заключению, что при этом сохраняются коленные рефлексы задних конечностей и что животное может стоять и ходить через несколько дней после операции.

В лаборатории Э. А. Асратяна Барсегян [2, 3, 4], Стефанцовым [9] и Ивановой [7] были изучены последствия расщепления различных отделов спинного мозга у лягушек, птиц, кошек и собак. Эти операции сочетались с удалением переднего и среднего мозга (у лягушек) и коры одного или обоих полушарий головного мозга (у собак). В отличие от других работ, указанные авторы при изучении данного вопроса применили методику условных рефлексов, хронаксиметрическое определение тонуса и представили данные, касающиеся различных спинальных рефлексов задних конечностей.

В дальнейшем С. Н. Ивановой (1956—1958) были поставлены опыты на щенках раннего возраста. Она наблюдала, что после расщепления спинного мозга в области поясничного утолщения восстановление нару-

шенных функций стояния и ходьбы у щенков в возрасте 2,5 месяца не имело места, а у щенков до 1,5-месячного возраста наблюдалось восстановление функций через 30—40 дней после операции.

Э. А. Асратян [1], обобщая полученные факты, развивает положение, относящееся как к возрастной физиологии компенсаторных приспособлений, так и к отдельным общим и принципиально важным вопросам физиологии центральной нервной системы. Оно заключается в том, что у высших животных в эволюции функция структурных элементов спинного мозга специализирована слабее у молодых, нежели у взрослых; что эта функция развивается и формируется в процессе развития онтогенетической эволюции, что роль коры больших полушарий в развитии компенсаторных приспособлений на ранних этапах онтогенетического развития не так существенна, как у взрослых животных, и что роль подкорковых образований в этих процессах более значительна, чем у взрослых.

Цель настоящей работы—изучение механизма восстановления нарушенных функций после вышеуказанных форм повреждения (расщепления) спинного мозга в онтогенезе животных.

Методика. Опыты проводились на 31 кролике различных возрастов, из коих на 7 крольчатах 5—7-дневного, 5, 10—15-дневного, 6, 15—17-дневного, 3, 25—27-дневного, 4, 35—40-дневного и 6, 3—4-месячного возрастов. Операция продольного расщепления поясничного утолщения спинного мозга была проведена под эфирным наркозом в стерильных условиях. После операции обращалось внимание на функцию сидения, стойки, ходьбы, бега и прыжка; велась фотосъемка в различные периоды восстановления функции, измерялась температура подошвы задних конечностей, определялся порог рефлекторной возбудимости к электрическому току, а также тонус мышц задних конечностей до и после операции (методика Романовской). Животные находились в одинаковых условиях ухода и кормления.

Полученные данные: I. Последствия сагитального расщепления поясничного утолщения спинного мозга у кроликов 5—17-дневного возрастов

А) Полное продольное расщепление поясничного утолщения спинного мозга.* После операции наступает парез и падение чувствительности задних конечностей. При передвижении они волочатся, вытянуты и широко расставлены (рис. 1). Задние конечности на механическое раздражение не реагируют. На 2—3-й день наблюдаются их произвольные движения. Мочеиспускание производится искусственным путем. На 4—5-й день наблюдаются признаки восстановления функции стояния (рис. 2). При передвижении задние конечности пассивно сгибаются и разгибаются,

* Этот раздел опытов предложен ст. научным сотрудником Л. А. Матиняном.

не выполняя функции опоры; лишь иногда активно отталкиваются. В этот период задние конечности при механическом раздражении дают ответную реакцию реципрокного характера. Через 15 дней у тех же молодых крольчат рефлексы стойки, ходьбы, прыжков и бега восстанавливаются почти полностью. На 17-й день после операции наблюдается нормальная ходьба (рис. 3).



Рис. 1. 7-дневный крольчонок, после операции на 3-й день, при передвижении задние конечности выносятся.



Рис. 2. Тот же крольчонок на 5-й день после операции делает попытки к вставанию, ходьбе на задних конечностях.

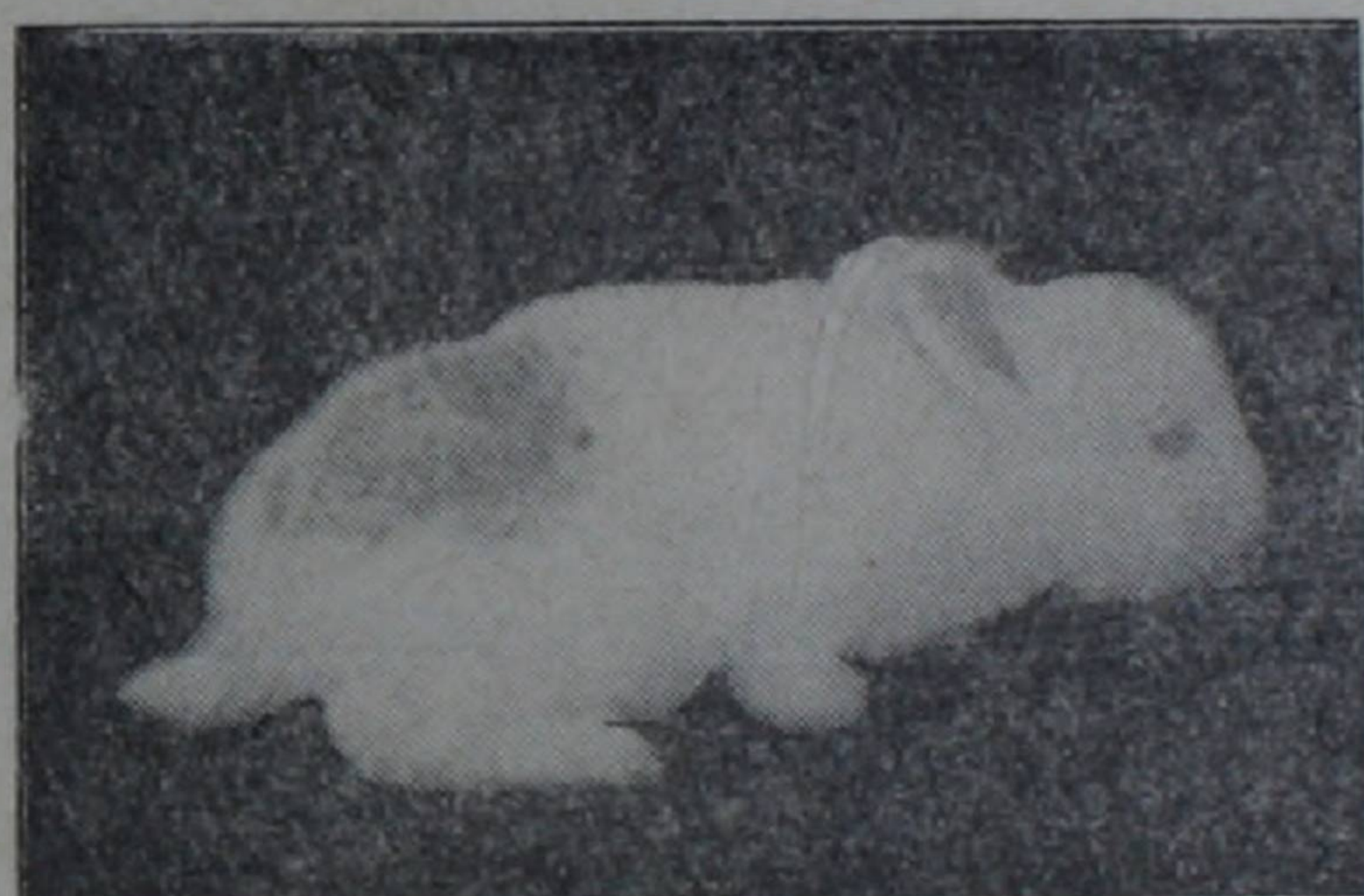


Рис. 3. Тот же крольчонок на 11-й день после операции стоит и ходит.

Б) Продольное расщепление краниальной половины поясничного утолщения спинного мозга. У 4 крольчат после указанной операции не наблюдалось глубоких нарушений в локомоторной функции. Лишь в первые дни можно было отметить слабый парез задних лап.

При механическом раздражении задних конечностей и хвоста часто наблюдались ответные реакции левой и правой конечностей реципрокного характера. Это явление было хорошо выражено на третий день после операции. Восстановление нарушенных функций до нормального уровня совершалось в течение 5—7 дней.

В) Продольное расщепление каудальной половины поясничного утолщения спинного мозга. В этом случае функциональные нарушения сравнительно слабее выражены, чем при вышеуказанных (А и Б) вариантах операции. После операции часто наблюдается несовершенного

вида ходьба. Необходимо отметить, что у более молодых крольчат нарушение функций незначительно.

Мышечный тонус задних конечностей. У более молодых крольчат в норме также наблюдается асимметрия тонуса мышц задних конечностей. После продольного расщепления поясничного утолщения спинного мозга имеет место полное падение тонуса мышц задних конечностей, вследствие чего при передвижении они волочатся. Однако спустя 1,5 месяца после операции восстанавливается тонус мышц задних конечностей дооперационного уровня и животное начинает стоять, ходить, а в дальнейшем—бегать и прыгать.

Таблица 1

Картина восстановления тонуса мышц задних конечностей у кролика № 17
(17-дневного возраста)

Дата измерения	Правая	Левая
17/7—57 г.	90 г.	70 г.
18/7—57 г.	90 г.	80 г.
19/7—57 г.	95 г.	85 г.
20/7—57 г.	операция расщепления	
21/7—57 г.	0	0
24/7—57 г.	5 г.	5 г.
27/7—57 г.	25 г.	20 г.
9/8—57 г.	35 г.	30 г.
15/8—57 г.	50 г.	45 г.
25/8—57 г.	70 г.	65 г.
30/8—57 г.	80 г.	70 г.

Как видно из табл. 1, асимметрия тонуса в норме наблюдается между задними конечностями. В среднем задняя правая конечность имеет тонус 90 г, а левая—80 г, т. е. на 10 г больше.

После операции тонус равняется нулю. На 4-й день тонус повышается до 5 г, на 25-й день 45—50 г, через 1,5 месяца он почти доходит до нормы.

Изменение температуры подошвы задних конечностей. В первые дни после операции наблюдается повышение кожной температуры задних конечностей, которое доходит до нормы в течение 20 дней параллельно с восстановлением локомоторных функций (табл. 2).

Как видно из табл. 2, асимметричность температуры выражена также и у 17-дневных крольчат. После операции наблюдается повышение температуры обеих конечностей на 2—3°, а спустя 20 дней она приходит к норме.

Изменение порога рефлекторной возбудимости задних конечностей. При этом наблюдается асимметрия порогового показателя задних конечностей, измеряемого при помощи стимулятора.

Как видно из табл. 3, после операции повышается порог рефлекторной возбудимости к электрическому току, через 15 дней он постепенно восстанавливается до исходного уровня.

Таблица 2

Изменение температуры задних конечностей у кролика № 17
(17-дневного возраста)

Дата измерения	Правая	Левая
19/7—57 г.	29,5°	29°
20/7—57 г.	29°	29°
21/7—57 г.	29°	28°
23/7—57 г.	операция расщепления	
24/7—57 г.		
24/7—57 г.	30°	31°
26/7—57 г.	31,5°	31°
29/7—57 г.	31°	30,5°
9/8—57 г.	30°	29,5°
11/8—57 г.	29,5°	28°

Таблица 3

Изменение порога рефлекторной возбудимости у 5-дневного крольчонка (№ 19)
(при помощи стимулятора)

Дата измерения	Правая	Левая
19/7—57 г.	1,8	1,7
20/7—57 г.	1,8	1,6
21/7—57 г.	1,7	1,6
24/7—57 г.	операция расщепления	
24/7—57 г.		
24/7—57 г.	2,1	2
26/7—57 г.	2	2
29/7—57 г.	1,9	1,8
9/8—57 г.	1,8	1,7

II. Последствия сагитального расщепления поясничного утолщения спинного мозга у кроликов от 25-дневного до 4-месячного возрастов

А) Полное сагитальное расщепление поясничного утолщения спинного мозга. После указанной операции (13 кроликов) наблюдался парез задних конечностей. Со второго дня операции, кроме этих расстройств, наблюдались еще нарушения вегетативных функций (паралич сфинктера мочевого пузыря, ослабление деятельности брюшных мышц, повышение температуры задних конечностей на 2—3°С и т. д.).

На второй день после операции при передвижении животное волочит за собой задние конечности, которые находятся в широко расставленном и растянутом положении. При этом тонус мышц задних конечностей равняется нулю. На 5—6-й день операции наблюдается слабое произвольное движение задних конечностей, которому соответствует наличие слабого мышечного тонуса. На 20—25-й день операции кролик при передвижении уже частично пользуется и задними конечностями, опирается и отталкивается ими, наблюдается и повышение тонуса мышц. Однако это восстановление не полное и в дальнейшем не прогрессирует.

Вегетативные нарушения, кроме температурных, восстанавливаются в течение 4—5 дней, что же касается температуры задних конечностей,

то она полностью нормализуется в течение 10—12 дней. Чувствительность к электрическим раздражениям задних конечностей у всех кроликов восстанавливается до исходного уровня спустя 20—27 дней.

Б) Полное сагитальное расщепление краниальной половины утолщения спинного мозга. Опыты, проведенные на 4 кроликах, показали, что в первый день после операции наблюдается парез локомоторных функций задних конечностей. На 4-й день после операции появляются первые признаки восстановления утраченных функций, выражающиеся в наличии слабого сгибания и разгибания задних конечностей на их болевое раздражение. Полное восстановление указанных функций произошло у 4 кроликов (25—27 дн.). Интересно отметить, что в ходе восстановления нарушенных локомоторных функций животные, опираясь на передние конечности, тянут за собой заднюю часть тела.

При механическом раздражении задней конечности в первые дни после операции не удается получить ответные реакции. На 5—7-й день указанные раздражения уже приводят к ответной реакции, которая наблюдается одновременно с обеих конечностей в виде их сгибания и разгибания. В дальнейшем (на 20—30-й день) задние конечности при механическом раздражении реагируют «перекрестным» рефлексом. При механическом раздражении хвоста наблюдается координированный и сложный тип движения, включая реципрокные отношения задних конечностей, а также общее беспокойство животного.

В) Полное сагитальное расщепление каудальной половины поясничного утолщения. У трех кроликов (25—40-дневного возраста) в 1-й день после операции наблюдались нарушения локомоторных функций, представляющие при передвижении следующую картину: животное волочит задние конечности в вытянутом положении, иногда можно заметить слабые произвольные движения их. На второй день после операции наблюдается нарушение мочеиспускания. С четвертого дня наблюдается постепенное восстановление нарушенных функций, которые в течение 10—15 дней достигают почти нормальной картины локомоции.

Изменение тонуса мышц задних конечностей до и после полного продольного расщепления поясничного утолщения. Сразу же после операции парализуются задние конечности и падает тонус их мышц. Необходимо отметить, что в норме у большинства животных наблюдается асимметрия тонуса мышц между задними конечностями.

Изменение тонуса мышц задних конечностей до и после полного продольного расщепления поясничного утолщения у кроликов месячного возраста приведены в табл. 4.

Как видно из табл. 4, в норме тонус мышц задней правой конечности выше, чем задней левой. После операции тонус приравнивается к нулю, а в ходе компенсации нарушенных локомоторных функций постепенно восстанавливается, но не полностью. В норме тонус составлял 160 г, а через месяц достигает только 30 г.

Изменение температуры подошвы задних конечностей. В норме наблюдается асимметрия температуры между правой и левой задними ко-

Таблица 4
Кролик № 12

Дата измерения	Правая	Левая
17/7—57 г.	165 г.	160 г.
18/7—57 г.	170 г.	160 г.
19/7—57 г.	170 г.	165 г.
20/7—57 г.	операция расщепления	
20/7—57 г.	0	0
21/7—57 г.	0	0
27/7—57 г.	25 г.	20 г.
10/8—57 г.	20 г.	25 г.
18/8—57 г.	30 г.	25 г.

нечностями. В первые дни после операции наблюдается повышение температуры, а с восстановлением локомоторных функций происходит нормализация уровня температуры.

Таблица 5
Измерение температуры задних конечностей до и после операции у кролика № 10
месячного возраста

Дата измерения	Правая	Левая
19/6—57 г.	29,5°	29°
20/6—57 г.	30,5°	29°
21/6—57 г.	30°	29°
23/6—57 г.	операция расщепления	
23/6—57 г.	31°	31°
26/6—57 г.	32,5°	32°
29/6—57 г.	32°	31,5°
3/7—57 г.	30,5°	30°
6/7—57 г.	30°	29°

Как видно из табл. 5, в норме асимметрия температуры между правой и левой задней конечностями достигает 1—1,5°C. После операции температура повышается на 2—3°C на обеих конечностях, а на 10-й день она становится нормальной.

Изменение порога рефлекторной возбудимости задних конечностей. Изменение порога рефлекторной возбудимости осуществлялось при помощи индукционной катушки и электронного стимулятора. Полученные данные показали существующую асимметрию порога возбудимости в норме. Эта асимметрия после операции исчезает, но параллельно с восстановлением локомоторных функций, она снова наблюдается. Пороги рефлекторной возбудимости задних конечностей при раздражении индукционным током понижены по сравнению с нормой.

Как видно из табл. 6, цифровые показатели электростимулятора были от 1,5 до 1,8 ед., а после операции требовалось более сильное раздражение для вызова ответной реакции, т. е. от 1,7 до 2 ед., а на 21-й день после нее ответная реакция к электрическому раздражению достигает нормы.

Таблица 6

Изменение порога рефлекторной возбудимости задних конечностей у кролика № 10 при помощи электростимулятора

Дата измерения	Правая	Левая
19/6—57 г.	1,6	1,7
20/6—57 г.	1,5	1,5
21/6—57 г.	1,6	1,8
22/6—57 г.	операция рассечения	
22/6—57 г.	1,9	2,1
26/6—57 г.	1,8	1,9
9/7—57 г.	1,7	1,8
12/7—57 г.	1,7	1,8
14/7—57 г.	1,6	1,8

Обсуждение полученных данных

Проведенные исследования показали, что продольное расщепление поясничного утолщения спинного мозга у кроликов различного возраста вызывает различной степени и глубины нарушения двигательных, чувствительных и вегетативных функций, причем, чем моложе животное, тем менее глубоко выражаются отмеченные нарушенные функции. Выяснилось, что нарушенные двигательные, чувствительные функции при расщеплении поясничного утолщения спинного мозга восстанавливаются полностью у молодых крольчат, а у взрослых особей имеет место неполное восстановление.

Наши данные подтверждают положение Асратяна и данные Барсегян и Ивановой о возможности восстановления двигательных и вегетативных функций организма после продольного сагитального расщепления спинного мозга в зоне сегментов иннервирующих конечности. В данном случае после полного сагитального расщепления поясничного утолщения спинного мозга восстановление функций имело место только у молодых крольчат в 5—17-дневном возрасте, а у более старших (25—40-дневных)—наблюдалось неполное восстановление. При частичном расщеплении поясничного утолщения спинного мозга глубокого нарушения локомоторных, вегетативных и сенсорных функций организма не замечалось—особенно у молодых крольчат. При этом у всех животных этого возраста имело место полное восстановление функций, нарушенных при частичных повреждениях краниальной или каудальной половины поясничного утолщения спинного мозга.

Исходя из полученных экспериментальных данных, можно полагать, что в поясничном утолщении спинного мозга у взрослых кроликов имеет место перекрещивание проводящих путей задних конечностей, которые обеспечивают координированные движения животного, благодаря чему осуществляется реципрокное взаимоотношение задних конечностей.

Когда нарушается целостность данного утолщения по строго сагитальной линии, то нарушается нормальная локомоция животных, при том, чем старше животное, тем глубже нарушение и наоборот. Кроме

того, двухстороннее сравнительно глубокое нарушение функции задних конечностей наблюдается при расщеплении краниальной части поясничного утолщения спинного мозга по сравнению с каудальным расщеплением у взрослых кроликов; эта закономерность в значительной мере имеет место и у более молодых. Полученные данные при определении температуры, порога рефлекторной возбудимости и тонуса мышц задних конечностей после полного сагитального расщепления поясничного утолщения спинного мозга показывают, что постепенное восстановление утраченных функций происходит лучше у молодых и хуже—у взрослых кроликов. В отличие от молодых животных, у взрослых тонус мышц задних конечностей до нормы не доходит.

Изучая близкие и отдаленные последствия после полного и частичного сагитального расщепления поясничного утолщения спинного мозга, мы пришли к следующим выводам:

1. У взрослых кроликов не имеет места восстановление локомоторной функции после полного сагитального расщепления спинного мозга, а у молодых крольчат (15—17-дневных) оно осуществляется до нормального уровня. У 25—40-дневных крольчат наблюдается не полное восстановление локомоции.

2. После частичного (краниального и каудального) сагитального расщепления поясничного утолщения спинного мозга восстанавливается функция стояния, ходьбы, прыжка и функция вегетативной системы, при том в более совершенном виде у молодых крольчат, а у взрослых иногда замечаются дефекты в ходьбе.

3. При сагитальном расщеплении поясничного утолщения спинного мозга наблюдается нарушение температуры и порога рефлекторной возбудимости, которые полностью восстанавливаются у всех животных. Наряду с этим тонус мышц задних конечностей у молодых животных восстанавливается полностью, в то время как у взрослых особей отмечается лишь частичное его восстановление (наблюдение в течение одного месяца). При частичном сагитальном повреждении поясничного утолщения спинного мозга имеет место восстановление указанных функций животных всех возрастных групп.

Институт физиологии
им. акад. Л. А. Орбели АН АрмССР

Поступило 27.X 1960 г.

Վ. Ս. ՄԻՐԶՈՅԱՆ, Ա. Ս. ԱՆԴՐԵԱՍՅԱՆ

ՈՂՆՈՒՂԵՂԻ ԳՈՏԿԱՅԻՆ ՀԱՍՏԱՅՄԱՆ ԼՐԻՎ ԵՎ ՄԱՍՆԱԿԻ ՍԱԳԻՏԱԼ
ՀԵՂՔՈՒՄՆԵՐԻ ՀԵՏԵՎԱՆՔՆԵՐԸ ՃԱԳԱՐԻ ՕՆՏՈԳԵՆԵԶՈՒՄ

Ա. մ. փ. ո. փ. ո. լ. մ.

Ուսումնասիրելով ողնուղեղի զոտկային հատվածի՝ (կաուդալ և կրանիալ մասերի) հաստացման լրիվ և մասնակի սաղիտալ ճեղքման հետևանքները, հեղինակները հանգել են հետևյալ եզրակացություններին՝

1. Հասուն ճագարների մոտ ողնուղեղի գոտկային հաստացման սաղիտալ լրիվ ճեղքման հետևանքով առաջացած խախտված ֆունկցիաների լրիվ վերականգնում տեղի չի ունենում, իսկ փոքրահասակների մոտ, ընդհակառակը, այն հասնում է նորմալ մակարդակի:

2. Ճագարիկների մոտ ողնուղեղի գոտկային հաստվածքի կրանիալ և կառուցվածքային հատվածների մասնակի սաղիտալ ճեղքումից հետո կանգնելու, քայլելու և սենզոր ու վեգետատիվ սխտեմի ֆունկցիաների վերականգնումն ավելի լիարժեք է, քան հասուն ճագարների մոտ, քանի որ նկատվում է արատավոր քայլքի երևույթ (կաղալ, երերալ):

3. Ողնուղեղի գոտկային հաստացման սաղիտալ ճեղքման դեպքում նկատվում են ճագարի ետին վերջավորությունների մաշկի ջերմության, ռեֆլեքտոր դրգոդականության շեմքի և մկանների տոնուսի խանգարումներ, որոնք լրիվ շափով վերականգնվում են փոքրահասակ, իսկ ոչ լրիվ՝ հասուն ճագարների մոտ: Մկանային տոնուսի իջեցումը հասուն ճագարների մոտ անվերադարձ է: Ողնուղեղի գոտկային հաստացման մասնակի սաղիտալ ճեղքման (կրանիալ և կառուցվածքային) դեպքում հիշյալ ֆունկցիաների լրիվ վերականգնում տեղի է ունենում բոլոր հասակի ճագարների մոտ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Асратян Э. А. Совещание по вопросам эволюционной физиологии нервной системы Л., 1956.
2. Барсегян Р. О. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины, 1937, т. 4, в. 2, стр. 132.
3. Барсегян Р. О. Физиологический журнал СССР, 1938, 24, в. 6, стр. 1043.
4. Барсегян Р. О. АН СССР, Физиологич. ин-т им. акад. И. П. Павлова. Тезисы диссертации, 1940.
- 4а. Бехтерев В. М. Проводящие пути мозга, 1893, Казань.
5. Броун-Секар. Лекции по физиологии и патологии центр. нерв. системы. Русское издание, 1867.
6. Гольцингер Ф. Ф. Чувствительные пути в спинном мозгу, СПб, 1896.
7. Иванова С. Н. 2-е совещание, посвящен. компенс. приспособл. при орг. повреждении ЦНС, Ереван, 1956.
8. Россолимо Г. Экспериментальное исследование по вопросу о путях проводящих чувствительности и движение в сп. мозгу. Диссертация, М., 1887.
9. Стефанцов Б. Д. Бюллетень эксперимент. биологии и медицины, 1950, 9.
10. Albert S. and. Grünbaum B. A. Journ. of physiology, 1834, 16, 368.
11. Van-Deen. Цит. по Р. О. Барсегян [4].
12. Naser. Цит. по Гольцингеру, 1896 [6].
13. Volkmann Цит. по Гольцингеру, 1896 [6].
14. Walentin Цит. по Гольцингеру, 1896 [6].
15. Foder M. Journal. Anatom, 1858, III, 1.