

УДК 559+598.2:612.8

**МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОНЕЧНОГО МОЗГА  
КЛЕСТА-ЕЛОВИКА (LOXIA CURVIROSTRA)**

**MORPHOPHYSIOLOGICAL PECULIARITIES OF THE TELENCEPHALON  
OF A COMMON CROSSBILL (LOXIA CURVIROSTRA)**

**В. Ю. Константинов, Л. Н. Воронов**

**V. Y. Konstantinov, L. N. Voronov**

*ГОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический  
университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары*

**Аннотация.** В работе показаны особенности строения конечного мозга клеста-еловика, характеризующегося уникальным и сложным способом добычи пищи – шелушением шишек ели. По сравнению с серой вороной, у которой высоко развита рассудочная деятельность, в мозге клеста выявлено специфическое развитие эволюционно молодых и старых отделов.

**Abstract.** The article shows the structural peculiarities of the telencephalon of a common crossbill, which is characterized by unique and complex way of food-procuring which consists of fir cones peeling. Compared to hooded crow having highly developed rational activity, the crossbill telencephalon has a specific development of evolutionary new and old segments.

**Ключевые слова:** *конечный мозг, клест-еловик, морфофизиология, гистометрия, нейроны, глия, нейроглиальные комплексы.*

**Keywords:** *telencephalon, common crossbill, morphophysiology, histometry, neurons, glia, neuronal-glia complexes.*

**Актуальность исследуемой проблемы.** Особенности кормового поведения птиц зависят от типа пищи, способа ее добывания и местообитания птиц. Сочетание этих факторов приводит к появлению разных по степени сходства методов кормового поведения и формированию иерархически соподчиненных экологических групп птиц, которые характеризуются не только разным поведением, но и соответствующими ему морфофизиологическими признаками [10, 135]. Основные и первоочередные потребности животных связаны, конечно, с добычей пищи. Н. П. Воронов утверждал, что стратегии пищедобывательного поведения – это сформировавшиеся в процессе эволюции действия, предназначенные для оптимизации определенных видов пищедобывательного поведения с точки зрения связанных с ним затрат и выгод [3, 17]. Из этого следует, что прогрессивное развитие животных должно сопровождаться, в первую очередь, развитием центральной нервной системы и максимальной всеядностью. Животные, обладающие этими качествами, действительно прогрессируют в настоящее время (врановые птицы, крысы и т. д.). Следовательно, определяя черты прогрессивного развития этих двух основных систем органов у разных животных, мы можем решать сложные конкретные биологические про-

блемы, например, синантропизации, domestikации и т. д. При этом необходимо учитывать, в какой мере остальные системы органов способствуют совершенствованию организмов [1, 66], [2, 159].

Вместе с тем в настоящее время существует необходимость включения в круг проблем, разрабатываемых орнитологической систематикой, вопроса о морфологических адаптациях современных видов и вопроса о жизненном значении морфологических признаков, на которых строятся представления о филогении и эволюции естественных групп. Так, труды К. А. Юдина и Ф. Я. Держинского убедительно показывают, что функционально-морфологическое изучение челюстного аппарата птиц имеет серьезный общебиологический интерес и дает ключ к расшифровке отдельных звеньев эволюционного процесса, сформировавшего современный класс птиц [11, 42], [4, 54], [5, 78]. Первым подробным описанием механической обработки семян в клюве вьюрковых птиц в сравнении с некоторыми представителями овсянковых и ткачиковых была работа Б. В. Некрасова [8, 153]. Сравнительно хорошо изучен челюстной аппарат клеста-еловика, издавна привлекавшего внимание многих исследователей [7, 283], [12, 92], [13, 586].

Изменения постоянства экологических условий каждого класса позвоночных приводят к необходимости выработки новых форм адаптаций. Один из таких путей – развитие мозга, приведший к возникновению и прогрессивной эволюции рассудочной деятельности. Последняя, вместе с другими формами высшей нервной деятельности, дала большие преимущества в борьбе за экологическую сферу обитания между таксономическими группами животных [6, 129].

При анализе рассудочной деятельности и других когнитивных способностей животных разных видов возникает вопрос о том, в какой степени экология вида (в частности кормовое поведение) влияет на уровень ее развития. Изучение когнитивных способностей птиц – это подход к анализу эволюционных истоков мышления и сознания, который позволяет выявить наиболее универсальные его свойства, возникшие на разных этапах филогенеза. Оно относится к актуальным задачам сравнительной психологии и физиологии, поскольку микро- и макроструктуры мозга птиц существенно отличаются от таковых у млекопитающих (отсутствие новой коры, преобладание цитоархитектоники ядерного типа) и до недавнего времени рассматривались как заведомо более примитивные.

Полученные Т. А. Обозовой и др. [9, 311] результаты показали, что разработанная ими методика адекватна для обучения диких лесных птиц отряда воробьиных. С помощью этой методики удалось показать, что клесты способны обучаться дифференцировке множеств по относительному признаку «больше». Они могут успешно перенести усвоенное правило выбора на стимулы, значительно отличающиеся от использованных при обучении (сравнимые не по всей совокупности количественных признаков, а только по некоторым из них). Таким образом, у клестов, обладающих малопластичным кормовым поведением, но относительно высоким полушарным индексом Портмана, обнаружена способность к обобщению – одному из важнейших компонентов рассудочной деятельности.

**Материал и методика исследований.** Работа проводилась в течение 2010 г. в научно-исследовательской лаборатории биотехнологии и экспериментальной биологии при ГОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева».

В работе использован конечный мозг 5 взрослых особей 1 вида птиц: клеста-еловика (*Loxia curvirostra*). После декапитации мозг птиц извлекали из черепа и фиксировали в 70 %-м этаноле с последующей обработкой по стандартной методике Ниссля: заливка в парафин и окраска трансверзальных срезов толщиной 20 мкм крезил-виолетом.

Для исследования цитоархитектоники брали каждый десятый срез. На микропрепаратах исследовали 7 основных полей конечного мозга птиц: Arcopallium (A), Globus pallidus (GP), Hyperpallium apicale (HA), Hyperpallium densocellulare (HD), Mesopallium (M), Nidopallium (N) и Striatum laterale (StL).

Микропрепараты фотографировали с помощью цифровой камеры «Canon Power Shot G5» с переходником «Carl Zeiss» и микроскопа «Микмед-2». Площадь контрольного поля равнялась  $4,41 \times 10^{-2}$  мм<sup>2</sup>. Определяли следующие параметры: плотность распределения (количество элементов в 1 мм<sup>2</sup> ткани) глии, нейронов и нейроглиальных комплексов (НГК); площадь профильного поля (ППП) глии, нейронов и нейроглиальных комплексов; разнообразие классов нейронов. Подсчет нейронов, глии и нейроглиальных комплексов проводился в 30 полях зрения для каждой зоны конечного мозга. Определение площади нейронов и нейроглиальных комплексов производилось с использованием программы «SigmaScan Pro 5». Определение нейронного состава конечного мозга птиц осуществлялось в соответствии с классификацией нервных клеток, окрашенных по методу Ниссля.

Данные представлены в виде «среднее±стандартное отклонение». Достоверность различий определяли по критерию Стьюдента с помощью программного пакета статистического анализа «Statistica 6.0 for Windows». Все указанные ниже различия достоверны при  $P < 0,05$ .

**Результаты исследований и их обсуждение.** В полях HA, HD и StL количество глии достоверно выше, чем в зонах M и N (табл. 1). Количество нейронов в зоне GP самое низкое, а нейронов в зоне HA – самое высокое. В зоне M плотность нейронов больше, чем в зонах HD, N и StL. В зонах A и HD плотность нейронов выше, чем в зонах N и StL.

Плотность комплексов в зонах GP и StL самая низкая. В зоне HD плотность комплексов самая высокая. В зоне A плотность комплексов выше, чем в зонах HA, M и N. В зоне HA плотность комплексов выше, чем в зонах M и N. В зоне M плотность комплексов больше, чем в зоне N.

Таблица 1

Плотность распределения глии, нейронов и НГК в конечном мозге клеста-еловика

Зона мозга	Плотность распределения (количество на 1 мм <sup>2</sup> )							
	глии	нейронов	комплексов	веретен	пирамид	звезд	НГК1	НГК2
HA	3986±333	3968±246	499±95	531±99	2576±172	862±97	440±74	59±26
HD	4043±286	2898±141	1032±88	281±29	1970±119	646±65	730±66	299±34
M	2732±253	3300±92	297±34	217±28	2067±98	1016±35	257±33	39±11
N	3005±275	2444±145	130±24	206±31	1557±103	681±52	115±23	15±9
StL	4265±223	2458±93	68±22	256±33	1603±95	599±55	59±18	9±5
GP	3401±401	1914±154	43±18	569±115	1034±77	311±28	43±18	0
A	3439±367	3190±236	741±54	342±37	2140±162	707±67	635±51	107±39

Плотность веретен в зонах GP и HA выше, чем в зонах HD, StL, M и N. В зоне A плотность веретен больше, чем в зонах M и N. В зоне HD плотность веретен больше, чем в зоне N. Плотность пирамид в зоне GP самая низкая. В зонах N и StL плотность пирамид меньше, чем в зонах A, HA, HD, M. В зоне HA плотность пирамид выше, чем в зонах HD и M. Плотность звезд в зоне GP самая низкая. В зоне M плотность звезд самая высокая. В зоне HA плотность звезд больше, чем в зонах N и StL.

Плотность нейроглиальных комплексов первого типа (НГК1) в зонах GP и StL самая низкая. В зонах A и HD плотность НГК1 самая высокая. В зоне HA плотность НГК1 больше, чем в зонах M и N. В зоне M плотность НГК1 выше, чем в зоне N. Плотность нейроглиальных комплексов второго типа (НГК2) в зоне HD самая высокая. В зоне A плотность НГК2 больше, чем в зонах M, N и StL. В зоне M плотность НГК2 больше, чем в зонах N и StL. В зоне HA плотность НГК2 выше, чем в зоне N. В зоне GP НГК2 отсутствуют.

Процентное соотношение количества глии, нейронов и комплексов составляет: в зоне A – 46,7:43,3:10,0; в зоне GP – 63,5:35,7:0,8; в зоне HA – 47,2:46,9:5,9; в зоне HD – 50,7:36,3:13,0; в зоне M – 43,2:52,1:4,7; в зоне N – 53,9:43,8:2,3; в зоне StL – 62,8:36,2:1,0. Процентное соотношение количества веретен, пирамид и звезд составляет: в зоне A – 10,7:67,1:22,2; в зоне GP – 29,7:54,0:16,3; в зоне HA – 13,4:64,9:21,7; в зоне HD – 9,7:68,0:22,3; в зоне M – 6,6:62,6:30,8; в зоне N – 8,4:63,7:27,9; в зоне StL – 10,4:65,2:24,4. Разнообразие классов нейронов в зоне M больше, чем в зонах A, GP, N и StL. Разнообразие классов нейронов в зоне HA выше, чем в зоне GP.

Площадь профильного поля глии самая низкая в зоне GP и самая высокая в зоне M (табл. 2). В зоне HD ППП глии больше, чем в зонах A, GP, HA, N и StL. В зоне N ППП глии выше, чем в зонах A, HA и StL. В зоне StL ППП глии больше, чем в зонах A и HA. В зоне A ППП глии выше, чем в зоне HA.

Таблица 2

**Площадь профильного поля глии, нейронов и НГК в конечном мозге клеста-еловика**

Зона мозга	Площадь профильного поля (в мкм <sup>2</sup> )							
	глии	нейронов	комплексов	веретен	пирамид	звезд	НГК1	НГК2
HA	5,0±0,3	16,5±1,6	55,5±5,7	18,3±1,8	16,1±1,6	16,8±1,6	50,9±4,2	89,4±4,7
HD	5,9±0,5	18,7±1,8	77,6±6,4	20,1±1,7	18,0±1,9	20,0±1,6	65,2±3,8	107,7±6,4
M	6,1±0,5	28,8±4,5	100,6±8,6	23,7±2,2	27,9±4,0	29,8±5,5	91,7±5,6	158,3±10,7
N	5,4±0,5	24,0±2,4	76,6±5,5	21,5±1,6	22,7±2,3	24,1±2,7	72,3±4,0	109,0±7,9
StL	5,3±0,4	17,5±1,8	65,8±5,7	20,6±2,1	16,7±1,7	18,5±1,6	59,5±3,6	106,7±6,8
GP	4,6±0,4	17,2±1,6	66,0±3,8	18,2±1,5	16,8±1,7	16,6±1,2	66,0±3,7	-
A	5,2±0,4	19,3±1,8	73,9±6,9	18,3±1,5	19,2±1,8	20,2±1,9	65,8±4,3	121,7±7,3

Площадь профильного поля нейронов самая низкая в зоне HA и самая высокая в зоне M. В зоне N ППП нейронов больше, чем в зонах A, GP, HD и StL. В зоне A ППП нейронов выше, чем в зонах GP, HD и StL. В зоне HD ППП нейронов больше, чем в зонах GP и StL. Площадь профильного поля комплексов самая низкая в зоне HA и самая высокая в зоне M. В зонах HD и N ППП комплексов больше, чем в зоне StL. В зоне N ППП комплексов выше, чем в зоне GP.

Площадь профильного поля веретен самая низкая в зонах A, GP и HA и самая высокая в зоне M. Других различий по ППП веретен не выявлено. Площадь профильного поля пирамид самая низкая в зоне HA и самая высокая в зоне M. В зоне N ППП пирамид больше, чем в зонах A, GP, HD и StL. В зоне A ППП пирамид выше, чем в зонах GP, HD и StL. В зоне HD ППП пирамид больше, чем в зонах GP и StL. Площадь профильного поля звезд самая низкая в зонах GP и HA и самая высокая в зоне M. В зоне N ППП звезд больше, чем в зонах A, HD и StL. В зонах A и HD ППП звезд выше, чем в зоне StL.

Площадь профильного поля НГК1 самая низкая в зоне НА и самая высокая в зоне М. В зоне N ППП НГК1 больше, чем в зонах А, HD и StL. Площадь профильного поля НГК2 самая высокая в зоне М. В зоне А ППП НГК2 больше, чем в зонах НА и HD. В зонах HD и N ППП НГК2 выше, чем в зоне НА. В зоне GP НГК2 отсутствуют.

Данные по структурным компонентам конечного мозга серой вороны для сравнения с клестом-еловиком были взяты из монографии Л. Н. Воронова [2, 118].

**Резюме.** В конечном мозге клеста оказалось примерно одинаковое количество структурных компонентов как в эволюционно молодых, так и старых полях, хотя у большинства изученных нами птиц глиальных клеток больше в эволюционно старых полях, а комплексов клеток – в эволюционно молодых. У клеста наблюдаются сравнительно небольшие различия в плотности и площади профильного поля у нейронов и глии, а у большинства птиц глии обычно значительно больше, чем нейронов. По сравнению с серой вороной в конечном мозге клеста значительно увеличена плотность веретеновидных нейронов по сравнению с пирамидными, хотя по площади профильного поля этих нейронов разница незначительна.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Воронов, Л. Н. Морфофизиологические закономерности совершенствования головного мозга и других органов птиц / Л. Н. Воронов. – М. : Изд-во МГУ, 2003. – 111 с.
2. Воронов, Л. Н. Эволюция поведения и головного мозга птиц / Л. Н. Воронов. – Чебоксары : Чуваши. гос. пед. ун-т, 2004. – 210 с.
3. Воронов, Н. П. Адаптивные особенности пищеварительной системы насекомоядных и зерноядных птиц / Н. П. Воронов // Вестник зоол. – 1973. – № 5. – С. 11–18.
4. Дзержинский, Ф. Я. Челюстной аппарат птиц / Ф. Я. Дзержинский // Зоология позвоночных. Итоги науки. Сер. Биол. : сб. науч. тр. – М., 1971. – С. 16–59.
5. Дзержинский, Ф. Я. Биомеханический анализ челюстного аппарата птиц / Ф. Я. Дзержинский. – М. : 1972. – 155 с.
6. Крушинский, Л. В. Биологические основы рассудочной деятельности / Л. В. Крушинский. – М. : Изд-во МГУ, 1977. – 270 с.
7. Мальцев, В. В. О форме клюва клестов (*Loxia*) в связи с питанием семенами хвойных / В. В. Мальцев // Бюл. МОИП. Отд. биол. – 1937. – № 46 (5). – С. 280–284.
8. Некрасов, Б. В. Морфобиологические особенности челюстного аппарата вьюрковых (Fringilidae), связанные с зерноядностью / Б. В. Некрасов // Систематика, морфология и биология птиц : сб. науч. тр. – Л. : Наука, 1978. – С. 35–176.
9. Обозова, Т. А. Клесты-еловики (*Loxia curvirostra*) способны к обобщению признака «больше» / Т. А. Обозова, А. А. Смирнова, З. А. Зорина // Журн. высш. нервн. деят. – 2009. – № 59 (3). – С. 305–312.
10. Хлебосолов, Е. И. Лекции по теории эволюции / Е. И. Хлебосолов. – М. : УЦ «Перспектива», 2004. – 264 с.
11. Юдин, К. А. Биологическое значение и эволюция кинетичности черепа птиц / К. А. Юдин // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. – 1970. – № 47. – С. 32–66.
12. Boker, H. Die Bedeutung der Überkreuzung der Schnabelspitzen bei der Gattung *Loxia* / H. Boker // Biol. Zbl. – 1922. – № 42 (2). – S. 87–93.
13. Huber, W. Untersuchungen über Genese der Asymmetrie am Kopf von *Loxia curvirostra* / W. Huber // Gegenbaurs Morphol. Jahrb. – 1933. – № 71 (4). – S. 571–588.