

Андрианов Вячеслав Вадимович

**ПРОСТЕЙШАЯ НЕЙРОСЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ ДУГИ ОБОРОНИТЕЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ
ВИНОГРАДНОЙ УЛИТКИ**

Статья посвящена вопросу моделирования клеточных механизмов пластичности поведения на примере животного с простой нервной системой. Описывается попытка построения простейшей модели отдела нервной системы виноградной улитки, ответственного за реализацию оборонительного поведения. Показано, что основные характерные черты пластических перестроек оборонительного поведения улитки хорошо описываются элементарной моделью, состоящей из трех формальных нейронов и содержащей единственный пластичный синапс Хебба

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2012/11/1.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2012. № 11 (66). С. 12-14. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2012/11/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

УДК 612.822.5+53.083.2

Биологические науки

Статья посвящена вопросу моделирования клеточных механизмов пластичности поведения на примере животного с простой нервной системой. Описывается попытка построения простейшей модели отдела нервной системы виноградной улитки, ответственного за реализацию оборонительного поведения. Показано, что основные характерные черты пластических перестроек оборонительного поведения улитки хорошо описываются элементарной моделью, состоящей из трех формальных нейронов и содержащей единственный пластичный синапс Хебба.

Ключевые слова и фразы: клеточные механизмы поведения; простая нервная система; нейронная сеть; модель нервной системы; пластичность поведения; условный рефлекс; обучение; виноградная улитка; синапс Хебба.

Вячеслав Вадимович Андрианов, к. биол. н.

Кафедра зоологии беспозвоночных и функциональной гистохимии

Институт фундаментальной медицины и биологии

Казанский (Приволжский) федеральный университет

slava_snail@yahoo.com

ПРОСТЕЙШАЯ НЕЙРОСЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ ДУГИ ОБОРОНИТЕЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ ВИНОГРАДНОЙ УЛИТКИ[©]

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 12-04-00235).

Виноградная улитка (*Helix lucorum*), один из высоко развитых представителей брюхоногих, обладает достаточно разнообразным поведением, включающим в себя, как минимум, пищевое, оборонительное, половое и исследовательское. Показана возможность выработки у нее условных рефлексов, дифференцировки ответов на разные входящие стимулы, переучивания и угашения условных реакций [2, с. 8-115]. Все это, при относительно простой нервной системе с небольшим количеством нейронов (около 10^4) и крупными размерами клеток (до 300 мкм) с возможностью идентификации, позволяет считать моллюсков, и виноградную улитку в частности, чрезвычайно удобным объектом при исследовании клеточных механизмов поведения [1, с. 521-530; 3, с. 33-50; 4]. Интерес к подобным объектам объясняется и предполагаемой универсальностью фундаментальных процессов в мозге простейших и более высокоразвитых организмов, включая человека.

Литературные данные о строении и функционировании нервной системы улитки говорят о существовании более или менее разграниченных групп нейронов, отвечающих за отдельные формы поведенческих реакций [2, с. 16, 39]. Поэтому на начальном этапе мы ограничились попыткой симуляции оборонительного поведения, как наиболее исследованного [2, с. 15, 39; 3, с. 33-50; 4]. Имеющиеся данные о строении дуги оборонительного рефлекса улитки позволяют выделить несколько характерных слоев или групп нейронов - сенсорные нейроны (ответственные за передачу информации с периферии), интернейроны (слой промежуточных нейронов, предположительно ответственных за реализацию пластичности поведения) и слой мотонейронов, напрямую связанных с мышцами. Несмотря на то, что на самом деле описаны и показаны связи нейронов, не вписывающиеся в подобную слоистую схему, в рамках предлагаемого упрощенного подхода это не сказывается на результатах. В качестве поведенческих пластических форм оборонительного поведения нас будут интересовать: условный рефлекс (Рис. 1а) и его последующее угашение (Рис. 1б), а также габитуация - привыкание в ответ на повторяющиеся тестовые стимулы, при котором происходит снижение поведенческой реакции. Основная задача, стоявшая перед нами - поиск наиболее простого способа реализации поведенческих феноменов виноградной улитки с помощью сети нейроподобных элементов (формальных нейронов) с привлечением азов теории нейронных сетей [5]. Актуальность подобной задачи обусловлена и малым числом работ, посвященных моделированию работы простых нервных систем с использованием этого аппарата. Очень ограничено как количественно, так и качественно программное обеспечение, позволяющее нейрофизиологам аккумуляцию и анализ экспериментальных данных в подобных моделях.

Методика выработки условного рефлекса в самом общем виде сводится к многократному последовательному сочетанию двух раздражителей - условного и безусловного. При этом на клеточном уровне, как гласит наиболее общепринятая гипотеза [1; 3], происходит увеличение возбуждающей способности условного сигнала, приходящего на нейрон, возбуждаемый безусловным сигналом, при условии пластичности этой связи (одна из формулировок правила Хебба). Или, другими словами, происходит усиление соответствующей синаптической связи. Простейшая схема нейронной сети, удовлетворяющая данным условиям, приведена на Рисунке 2. Она состоит из минимального числа формальных элементов, имитирующих собой группы нейронов с одинаковыми признаками. Учитывая, что условный раздражитель, как правило, затрагивает небольшое количество рецепторов одного вида, пул сенсорных нейронов, отвечающих за условный сигнал, обозначен одним формальным нейроном СН1, связанным с интернейроном ИН пластичным синапсом. СН2 - элемент, обозначающий канал передачи безусловного сигнала в центральную нервную систему

(элементу ИН). Произвол с упрощением прямой непластичной связи между СН2 и ИН связан, вероятно, прежде всего с принимаемой узостью канала передачи безусловного сигнала, который в реальности затрагивает обширную область нервной системы. Однако замыкание условной связи, видимо, все же происходит где-то на уровне элементов СН1-ИН и может быть связано либо с эффективностью синаптической передачи СН1-ИН, либо с функцией активации (возбудимостью) элемента ИН или СН1 [1, с. 521-530]. Что касается изменения возбудимости ИН, то в этом случае, согласно представлениям о широком рецептивном поле интернейронов оборонительного поведения, наблюдаемая пластичность поведения должна характеризоваться сильной неспецифичностью по отношению к условному раздражителю, что не наблюдается в случае классического условного рефлекса. Ситуация с повышением возбудимости СН1 - сложнее, мало поддается экспериментальному анализу и в рамках предложенного подхода не рассматривается. Слой мотонейронов не брали в рассмотрение, исходя из предположения, в рамках модели, о непластичности контактов ИН-мотонейрон.

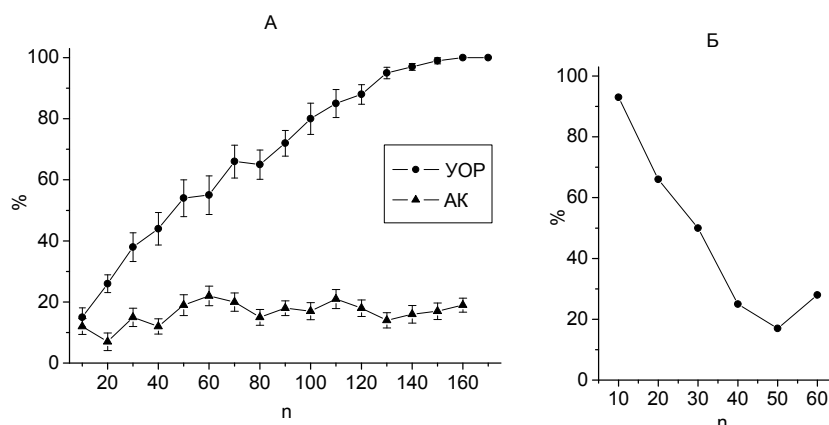
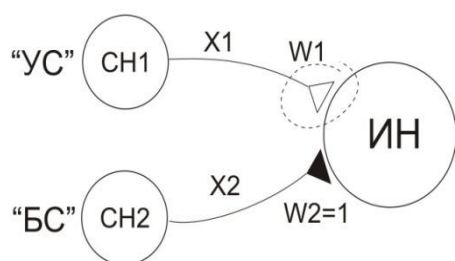


Рис. 1. А. Динамика выработки условного оборонительного рефлекса на постукивание по раковине (YOP), АК - улитки активного контроля. Б. Угашение условного рефлекса. По оси ординат - количество положительных ответов (закрытие пневмостома в ответ на условный стимул) в %. По оси абсцисс - количество сочетаний условных и безусловных стимулов (n) (результаты получены в нашей лаборатории)



Связь поведенческой реакции в модели с состоянием нейронной сети при стимуляции выражается линейной активационной функцией ИН и прямо пропорциональна весу синаптической передачи СН1-ИН, изменение веса которой приняли следующим образом: $W^{new} = W^{old} + dw * F(x) * (-1)^{x_2}$, где W^{new} - новый вес, W^{old} - предыдущий вес, dw - добавка к весовому коэффициенту, $F(x)$ - линейная активационная функция, зависящая от суммарного входа (x), x_2 - величина сигнала безусловного стимула, принимающая значение 0 (в случае отсутствия безусловного подкрепления) или 1 (при подкреплении).

Рис. 2. Упрощенная схема нейронной сети дуги оборонительного рефлекса. УС, БС - входы сигналов условной и безусловной стимуляции. СН1, СН2 - сенсорные нейроны, ИН - интернейрон. X1, X2 - величины сигналов. W1, W2 - веса синаптических контактов

Анализ функционирования полученной модели показывает хорошее соответствие основных черт поведенческих реакций животного и модели (в рамках ее ограниченности) (Рис. 1, 3). Динамика изменений реакций животного и поведение модели при повторяющихся сочетаниях условных и безусловных стимулов показывают принципиальное соответствие. Это же касается и стадии угашения приобретенного рефлекса, а также феномена габитуации. Имеется в виду прямая зависимость изменений величин ответов на условный стимул при сочетанных и несочетанных стимуляциях. Нет сомнений, что клеточные механизмы, лежащие в основе рассматриваемых форм пластичности поведения, могут отличаться, однако интересен сам факт возможности симуляции нескольких форм поведенческих феноменов моделью с единственным пластичным синапсом.

Таким образом, можно констатировать, что простейшая модель, построенная из минимального количества нейроподобных элементов, с характеристиками и архитектурой связей, в первом приближении имитирующими нервную систему улитки, и единственным пластичным синапсом Хебба, показывает принципиальное согласие с характером наблюдаемых пластичных перестроек оборонительного поведения животного. Другими словами, такие формы пластичности оборонительного поведения виноградной улитки как условный рефлекс, его последующее угашение, а также привыкание находятся в хорошем соответствии с весовым состоянием синаптических контактов СН1-ИН. При этом обучение нейронной сети не требует стороннего учителя и подчиняется только правилу Хебба, в котором аккумулированы физиологические механизмы пластических перестроек синаптических контактов нервных клеток.

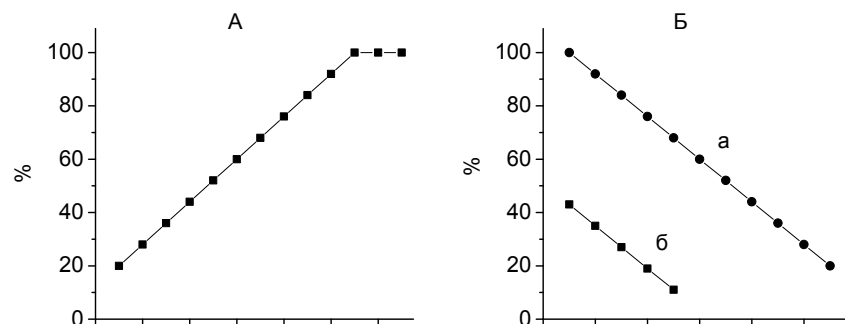


Рис. 3. А. Динамика выработки условного оборонительного рефлекса на модели. Б. а - угашение условного рефлекса на модели, б - привыкание на модели. По оси ординат величина ответа ИН на условный стимул ($xI * wI$). По оси абсцисс - количество сочетаний условных и безусловных стимулов

Список литературы

1. Балабан П. М. Клеточные механизмы пластичности поведения в простых нервных системах // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. 2007. Т. 93. № 5. С. 521-530.
2. Балабан П. М., Захаров И. С. Обучение и развитие - основа двух явлений. М.: Наука, 1992. 152 с.
3. Гайнутдинов Х. Л., Андрианов В. В., Гайнутдинова Т. Х. Изменение возбудимости нейрональной мембраны как клеточный механизм обучения и памяти // Успехи физиологических наук. 2011. Т. 42. № 1. С. 33-50.
4. Кэндел Э. Клеточные основы поведения. М.: Мир, 1980. 598 с.
5. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. М.: Вильямс, 2006. 1103 с.

УДК 316.36+314.1

Социологические науки

В статье приводятся основные результаты социологического опроса родителей, имеющих детей в возрасте 7-12 лет, проведённого на территории г. Волгограда и Волгоградской области в 2012 году с целью определения сравнительной значимости основных каналов и агентов демографической социализации указанной категории детей как группы населения, которой через 10-15 лет предстоит вступить в активный репродуктивный возраст.

Ключевые слова и фразы: демографические установки; демографическая социализация; воспроизводство населения; депопуляция; агенты социализации; дети 7-12 лет; прикладная социология.

Георгий Вячеславович Антонов, к. соц. н., доцент

Кафедра социологии

Волгоградский государственный университет

antonovgv@mail.ru

ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ДЕТЕЙ В ВОЗРАСТЕ 7-12 ЛЕТ (НА ПРИМЕРЕ Г. ВОЛГОГРАДА И ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ) ©

Исследование выполнено при финансовой поддержке РГНФ в рамках проекта проведения научных исследований № 12-13-34000 «Социальные факторы формирования демографических установок населения».

В современной России сложилась крайне неблагоприятная демографическая ситуация, которая имеет тенденцию и к дальнейшему ухудшению, о чём свидетельствует целый ряд соответствующих показателей: разнообразные коэффициенты рождаемости, смертности, брачности, разводимости, воспроизводства населения, средней ожидаемой продолжительности жизни и др. [7, с. 31-40]. Временный подъём грубых коэффициентов рождаемости в последние несколько лет не свидетельствует об улучшении демографической ситуации в нашей стране; это - лишь последствия колебаний рождаемости в 80-е годы прошлого века и влияние благоприятной возрастной структуры населения на его воспроизводство [5, с. 114; 6, с. 71-73; 8, с. 74-76; 9, с. 99-102, 104].

При этом глубинная основа демографического поведения - брачно-семейные, репродуктивные и самосохранительные установки - не меняются в сторону увеличения [4, с. 15-18], и именно они являются основным объектом, целенаправленно воздействуя на который, можно добиться изменения демографической ситуации. Поэтому проблема поиска решений большинства демографических проблем в нашей стране сводится к разработке эффективных механизмов воздействия на процесс формирования демографических установок. Для этого требуется всестороннее изучение основных положительных и отрицательных факторов социального