

Интеграция  
академической  
и университетской  
психологии

# ПРОЦЕДУРЫ И МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО- ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ответственный редактор  
В. А. Барабанщиков



ИНСТИТУТ ПСИХОЛОГИИ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

---

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
Институт психологии

**ПРОЦЕДУРЫ И МЕТОДЫ  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-  
ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Ответственный редактор  
*В. А. Барабанщиков*



Издательство  
«Институт психологии РАН»  
Москва – 2016

---

---

УДК 159.9

ББК 88

П 84

*Все права защищены. Любое использование материалов данной книги полностью или частично без разрешения правообладателя запрещается*

Редакционная коллегия:

*Ю. И. Александров, В. М. Аллахвердов, К. И. Ананьева, В. А. Барabanщиков (отв. редактор), Н. А. Выскочил, А. Н. Гусев, А. А. Демидов (отв. секретарь), А. Л. Журавлев, Ю. М. Забродин, Ю. П. Зинченко, А. В. Карпов, Л. С. Куравский, С. Б. Малых, В. Н. Носуленко, В. И. Панов, А. О. Прохоров, В. В. Рубцов, В. В. Селиванов, А. А. Созинов, И. С. Уточкин, А. Н. Харитонов, Ю. Е. Шелепин*

**П 84** **Процедуры и методы экспериментально-психологических исследований** / Отв. ред. В. А. Барabanщиков. – М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2016. – 950 с. (Интеграция академической и университетской психологии)

ISBN 978-5-9270-0339-6

УДК 159.9

ББК 88

Книга посвящена обсуждению широкого круга вопросов, касающихся перспектив разработки и реализации новых процедур и методов экспериментально-психологических исследований. Она содержит около 150 статей, с различных сторон раскрывающих данную тему. Обсуждаются вопросы, касающиеся роли и места эксперимента в развитии психологической науки, перспектив и границ применения экспериментальных и эмпирических методов в психологических исследованиях, возможности создания новых экспериментальных средств и процедур, междисциплинарных методов изучения психических явлений, формализации психологического познания, проблемы объяснения и интерпретации данных экспериментальных исследований и мн. др. Данный труд является содержательным продолжением серии научных работ, посвященных проблемам эксперимента в психологии, выпущенных за последние годы: «Экспериментальная психология в России: традиции и перспективы», 2010; «Современная экспериментальная психология», 2011; «Экспериментальный метод в структуре психологического знания», 2012; «Естественно-научный подход в современной психологии», 2014.

© ФГБУН Институт психологии Российской академии наук, 2016

ISBN 978-5-9270-0339-6

тируются на зрительные стимулы, а запаховые и вкусовые для них имеют второстепенное значение и почти не используются в ориентировке на местности. В наших исследованиях после опытов проводились гигиенические процедуры, и в первых опытах серий и при перемене кабинок не наблюдалось четкого следования одного животного по маршруту другого. Этот тезис также подтверждает немалое число ошибок ужей при выработке условного рефлекса.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что у изученной группы ужей (*Natrix natrix*) был выработан условный рефлекс движения по направлению к свету зеленого спектра, что свидетельствует о возможности различения и запоминания объектов зеленого и красного цвета у этих животных.

## Литература

- Желанкин Р. В. Влияние различных условий освещенности на некоторые аспекты поведения обыкновенного ужа (*Natrix natrix*) в лабораторном эксперименте // Вестник Тамбовского гос. ун-та им. Г. Р. Державина. Сер.: Естественные и технические науки. Тамбов, 2013. Т. 18. Вып. 6. С. 3002–3006.
- Сафаров Х. М. Экология и физиология высшей нервной деятельности рептилий. Душанбе: Дониш, 1990.
- Черлин В. А. Термобиология рептилий. СПб.: Русско-балтийский информационный центр «Блиц», 2012.
- Четанов Н. А. К вопросу о роли освещенности и температуры в терморегуляционном поведении ящериц // Самарская Лука: проблемы регион. и глоб. экологии. Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2009. Т. 18. № 1. С. 5–8.
- Saviola A. J., McKenzie V. J., Chiszar D. Chemosensory responses to chemical and visual stimuli in five species of colubrid snakes // Acta Herpetologica. 2012. 7 (1). P. 91–103.

## ПОКАЗАТЕЛИ ИЗБИРАТЕЛЬНОСТИ АКТИВНОСТИ НЕЙРОНОВ И ФОРМИРОВАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ОПЫТА<sup>1</sup>

А. А. Созинов, Ю. В. Гринченко, Ю. И. Александров

Институт психологии РАН  
alesozinov@yandex.ru

Представление о психологических структурах складывается в значительной мере на основе изучения развивающихся процессов. Например, теория деятельности основана на процессуальности психики и переходе субъекта в объект, представление о когнитивных структурах – на изучении динамики и «конструировании» воспоминаний, на исследовании развития и модификации когнитивных

1 Работа, направленная на исследование динамики нейронного обеспечения поведения при научении выполнена при поддержке Российского гуманитарного научного фонда, проект № 14-06-00155-а. Часть исследования, направленная на разработку методов анализа междоменных взаимодействий и проведенная с помощью многоканального комплекса Intan RHD-2132 для оцифровки слабых биоэлектрических сигналов, поддержана Российским научным фондом, проект № 14-28-00229.

---

структур. В рамках системного подхода в психологии изучение психологических процессов также осуществляется в их развитии (см., например: Барабанщиков, 2006; Сергиенко, 2006).

В системной психофизиологии научение рассматривается как формирование нового и модификация ранее сформированного опыта (Александров, 2005). Иными словами, формирование и/или изменение психологических структур составляет процесс научения. Разделение процессов формирования нового опыта и извлечения прошлого опыта возможно при анализе активности отдельных нейронов в ходе выполнения животными нового поведения (Александров, 1989) на основе представлений о специализации нейрона (Швырков, 2006). Необходимость этого разделения учитывается в ряде экспериментальных подходов (McKenzie, Eichenbaum, 2011; Grosmark, Buzsáki, 2016), также предполагающих регистрацию активности нейронов у свободноподвижных животных. Исследования такого рода основаны на оценке неравномерности распределения потенциалов действия («спайков») нейронов по временным отрезкам, соответствующим событиям в поведении животного, то есть на выявлении наличия (или отсутствия) «избирательности» (например, приуроченности изменения частоты спайковой активности к определенному событию) активности нейронов. В то же время способы оценки избирательности различаются, что может служить дополнительным препятствием для сопоставления результатов между исследованиями.

В нашей работе (Созинов и др., 2015) было проведено сопоставление изменений показателей формирования нового и модификации ранее сформированного опыта между передней и задней зонами цингулярной (лимбической) коры мозга кроликов, обученных инструментальному пищедобывательному поведению. Согласно данным литературы, большая часть анатомических связей этих двух зон связывает их между собой, однако динамика их активности в процессе формирования нового поведения различна: согласно одной группе данных, на ранних этапах научения более активна и необходима для нормального обучения передняя цингулярная кора (Gabriel, 1993; Tracy et al., 2003), в то время как согласно другой – задняя (Souza et al., 2002), а передняя зона обеспечивает долговременную память (Bontempi et al., 1999; Weible, 2013). В поиске соответствия между этими группами данных (например: Weible, 2013) обсуждаются различия между поведенческими задачами, видами животных и т. п. В настоящей работе, направленной на изучение системных процессов, лежащих в основе динамики мозгового обеспечения поведения, решалась задача сопоставления нескольких показателей избирательности активности нейронов, в том числе используемых нами показателей специализации нейрона относительно системы поведенческого акта.

Мы предполагали, 1) что использование различных показателей избирательности активности на одних и тех же данных может приводить к разным результатам и 2) что специализация нейрона (предполагающая наличие активации – достоверное превышение частоты над фоновой – при каждом выполнении поведенческого акта) не может быть заменена ни одним из других показателей избирательности, и 3) что в качестве информативных показателей избирательности можно использовать характеристики распределения межспайковых интервалов нейронов.

---

## Методика исследования

Активность нейронов была зарегистрирована в ходе выполнения обученными кроликами циклического инструментального пищедобывательного поведения (Александров, 1989; Швырков, 2006) в экспериментальной камере, в смежных углах которой располагались пары: кормушка и педаль. Нажатие педали на левой или правой стороне клетки приводило к автоматической подаче порции пищи, соответственно, в левой или правой кормушке. Обучение проводили в 10 этапов, которые служили основой для выделения актов поведения при последующем анализе нейронной активности. После обучения животные выполняли циклическое поведение (от кормушки к педали и обратно), в котором циклы состояли из 5 актов на каждой стороне клетки (подробнее см.: Созинов и др., 2015).

Регистрацию активности нейронов проводили на первой и второй неделе после обучения последовательно в двух областях цингулярной коры. В ходе записи активности каждого нейрона в «остром» эксперименте стеклянными электродами животное совершало 10–15 циклов поведения на каждой стороне экспериментальной камеры. Параллельно с записью нейронной активности осуществляли запись отметок границ поведенческих актов и видеозапись каждой экспериментальной сессии.

В одной группе животных сразу после обучения нажатием на педали осуществлялась запись активности нейронов передней цингулярной коры (координаты: AP –3–4 мм, ML +1–2 мм). Затем в дефинитивном поведении проводили запись активности нейронов задней цингулярной коры (координаты: AP +9–10 мм, ML +1–2 мм). У второй группы животных последовательность зон регистрации была обратной. Обработку данных проводили с помощью программ D-Main4 (Ю. В. Райгородский, модифицирована А. К. Крыловым) и Neuru (А. К. Крылов).

Установление соответствия между показателями нейронной активности и процессами формирования нового опыта, а также модификации ранее сформированного опыта на основе данных «острого» эксперимента проводили наряду с начальными этапами исследования с хронической регистрацией нейронной активности. Для этого были использованы сдвоенные электроды (стереотроды, см.: McNaughton et al., 1983) диаметром 17 микрон (ПлИ-10), многоканальное устройство Intan RHD-2132 для оцифровки слабых биоэлектрических сигналов и программное обеспечение Open Ephys.

Анализ полученных данных был направлен на классификацию нейрона как неидентифицированного или специализированного, на выявление типа специализации каждого из специализированных нейронов. Качественные и количественные критерии, разработанные нами для установления специализации нейронов, а также способы регистрации активности и поведенческих отметок были описаны ранее (Alexandrov et al., 1990). За активацию в данном акте принимается превышение частоты спайков в этом акте по отношению к средней за все время регистрации не менее, чем в 1,5 раза. За специализированный относительно системы определенного акта принимали нейрон, вероятность активации которого в данном акте равна единице. Такие акты называли «специфическими», и наряду с дополнительными тестами считали показателем специализации нейрона. Остальные нейроны называли неидентифицированными.

---

Для каждого нейрона вычисляли межспайковые интервалы. Кроме распределения всех межспайковых интервалов данного нейрона получали распределение интервалов только в акте с максимальной средней частотой спайков. Для этих двух распределений вычисляли среднее, стандартное отклонение, коэффициенты асимметрии и эксцесса. Кроме того, согласно используемым другими авторами (например: Groszmark, Buzsáki, 2016) показателям избирательности активности нейронов, вычисляли долю спайков в специфическом акте и отношение средней частоты спайков в специфическом акте к средней частоте в других актах. Для неидентифицированных нейронов, а также для специализированных нейронов с несколькими специфическими актами вместо специфического акта использовали акт с максимальной средней частотой спайков. Перечисленные показатели активности нейронов вычисляли и сопоставляли между четырьмя группами (на первой и второй неделе эксперимента в передней и задней цингулярной коре) с помощью пакетов программ MS Excel и SPSS 11.0. Для статистических процедур использовали непараметрический критерий Манна–Уитни, а также (при достаточном размере групп) дисперсионный анализ нормализованных данных. Различия считали значимыми, если вероятность ошибки первого рода была меньше 0,05.

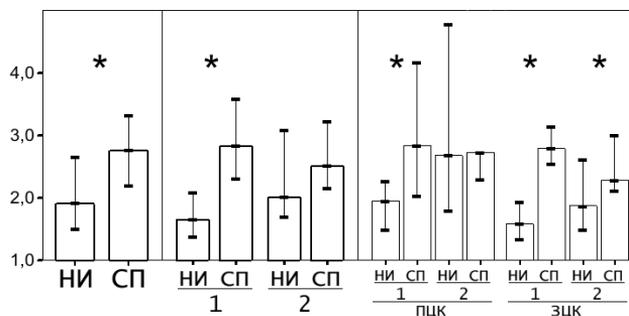
## Результаты исследования

На основе возможности вычисления показателей избирательности активности для анализа были отобраны 118 нейронов. Для каждого нейрона вычисляли долю спайков в акте с максимальной средней частотой спайков из общего количества спайков данного нейрона. Интересно, что не у всех специализированных нейронов акт с максимальной частотой оказывался в числе специфических актов – они не совпали у 4 из 32 нейронов. Эти нейроны были исключены из дальнейшего анализа.

Выявлено, что доля спайков в акте с максимальной средней частотой из общего количества спайков данного нейрона больше у неидентифицированных нейронов, чем у специализированных (критерий Манна–Уитни,  $U = 990,0$ ;  $p = 0,019$ ). Следовательно, этот показатель селективности, используемый другими авторами при анализе вовлечения нейронов в обеспечение поведения, может быть ниже у нейронов, активирующихся в каждом акте поведения, чем у неидентифицированных нейронов (см. Заключение).

При сравнении этого показателя в группах специализированных и неидентифицированных нейронов между двумя зонами цингулярной коры мозга на первой и второй неделях регистрации различий не выявлено (критерий Манна–Уитни,  $p > 0,1$ ).

Отношение частоты спайков в специфическом акте с максимальной частотой к средней частоте в остальных актах оказалось больше у специализированных нейронов по сравнению с неидентифицированными (рисунок 1А;  $U = 556,0$ ;  $p < 0,0001$ ; также фактор специализации оказался единственным значимым среди основных эффектов и взаимодействий в однофакторном дисперсионном анализе с факторами специализации, зоны мозга и недели регистрации:  $F_{1,105} = 15,30$ ,  $p < 0,0005$ ). В то же время дополнительные сравнения непараметрическим тестом



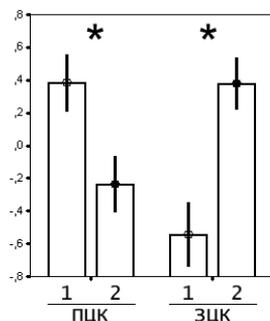
**Рис. 1.** Отношение частоты спайков в специфическом акте с максимальной частотой к средней частоте в остальных актах (медиана ± кватили) в разных группах нейронов.

А – неидентифицированных (НИ) и специализированных (СП) нейронов; Б – на первой (1) и второй (2) неделе регистрации; В – в передней (ПЦК) и задней (ЗЦК) зоне цингулярной коры. Звездочками обозначены значимые различия в соответствии с непараметрическим критерием Манна–Уитни ( $p < 0,05$ )

том показывают, что на первой неделе регистрации указанные различия более выражены ( $U = 112,0$ ;  $P < 0,0001$ ), чем на второй ( $U = 139,0$ ;  $p = 0,144$ ; рисунок 1Б). При сравнениях отношения частот между специализированными и неидентифицированными нейронами отдельно по двум зонам коры и неделям регистрации выявлено, что из четырех сравнений значимые отличия выявлены в трех (передняя на первой неделе  $U = 40,0$ ;  $p = 0,012$ , на второй  $U = 29,0$ ;  $p = 0,738$ , задняя на первой  $U = 20,0$ ;  $p < 0,001$ , на второй  $U = 30,0$ ;  $p = 0,046$ ). Возможно, что в передней цингулярной коре, в отличие от задней, на второй неделе регистрации отношение частот у неидентифицированных нейронов достигает уровня специализированных (рисунок 1В). Это подтверждается отличием этого показателя неидентифицированных нейронов передней цингулярной коры на второй неделе регистрации от такового на первой неделе ( $U = 174,0$ ;  $p = 0,031$ ) и на второй неделе в задней зоне ( $U = 122,0$ ;  $p = 0,039$ ). Других различий по этому показателю в указанных сравнениях не выявлено.

Показатель асимметрии распределения межспайковых интервалов в акте с максимальной частотой спайков оказался сходным при сравнении его между неидентифицированными и специализированными нейронами: этот основной эффект оказался незначимым по результатам однофакторного дисперсионного анализа (факторы специализации, зоны мозга и недели регистрации –  $F_{1,108} = 0,50$ ;  $p = 0,481$ ) и теста Манна–Уитни как по всей выборке нейронов ( $U = 1294,0$ ;  $p = 0,757$ ), так и при разбиении данных на группы по зонам мозга и/или неделям регистрации ( $p > 0,1$ ). Поэтому для дальнейшего сравнения асимметрии между неделями регистрации и зонами коры данные специализированных и неидентифицированных нейронов были объединены.

Выявлено, что показатель асимметрии распределения межспайковых интервалов в акте с максимальной частотой спайков в передней цингулярной коре на первой неделе регистрации выше, чем на второй, а в задней цингулярной коре – наоборот (рисунок 2). Были обнаружены значимые различия между неде-



**Рис. 2.** Нормализованный показатель асимметрии распределения межспайковых интервалов (среднее  $\pm$  стандартная ошибка среднего) в передней и задней цингулярной коре на первой и второй неделе эксперимента (см. обозначения к рисунку 1)

лями и между зонами (таблица 1), а также взаимодействие этих двух факторов при отсутствии основных эффектов по результатам однофакторного дисперсионного анализа ( $F_{1,112} = 20,63$ ;  $p < 0,0001$ ).

Связанный с асимметрией эксцесс распределений интервалов в акте с максимальной частотой значимо не различался между неидентифицированными и специализированными нейронами ни по всей выборке (критерий Манна–Уитни,  $U > 1000$ ;  $p > 0,6$ ), ни при отдельных сравнениях подвыборок нейронов двух зон коры и двух недель регистрации ( $U > 27,0$ ;  $p > 0,05$ ). Также основной эффект специализации оказался незначимым при использовании многофакторного дисперсионного анализа (факторы специализации, недели регистрации и зоны мозга,  $F_{2,93} = 0,27$ ;  $p = 0,765$ ). Поэтому для дальнейшего анализа эксцесса данные специализированных и неидентифицированных нейронов были объединены.

Различия между эксцессами полностью соответствовали различиям асимметрии и были выявлены как при сравнении между неделями регистрации, так и при сравнении между зонами мозга (таблица 1). Кроме того, дисперсионный анализ нормализованных значений эксцессов (по два уровня факторов Зона мозга и Неделя регистрации) выявил значимое взаимодействие факторов ( $F_{1,111} = 16,09$ ;  $p < 0,0005$ ) при отсутствии основных эффектов. Таким образом,

**Таблица 1**

Результаты сравнения коэффициентов асимметрии и эксцесса распределения межспайковых интервалов нейронов

Сравнение	Зона мозга / Неделя эксперимента	Асимметрия		Эксцесс	
		Значение критерия	Значение p	Значение критерия	Значение p
Между неделями	Передняя	286,0	0,018	322,0	0,066
	Задняя	183,0	<0,001	190,0	0,001
Между зонами	Неделя 1	246,0	<0,001	255,0	<0,001
	Неделя 2	209,0	0,012	238,0	0,044

---

коэффициент эксцесса различался между нейронами, зарегистрированными на последовательных стадиях формирования нового поведения, и направление этих различий было противоположным в передней и задней цингулярной коре мозга. Наибольшей значимостью характеризовались различия между зонами мозга на первой неделе регистрации нейронов и между неделями регистрации в задней цингулярной коре.

## Заключение

Применение различных показателей избирательности активности нейронов на одном наборе данных показывает, что с помощью разных показателей можно получить несоответствующие друг другу результаты анализа динамики мозгового обеспечения поведения нейронами цингулярной коры мозга. Использование критерия системной специализации нейрона (наличие активации при каждом выполнении данного акта поведения) позволяет получить дополнительную информацию по сравнению с общепринятыми показателями избирательности активности нейронов. В частности, отношение частоты спайков в акте с максимальной частотой к средней частоте в остальных актах действительно выше у специализированных нейронов по сравнению с неидентифицированными, но только на первой неделе выполнения поведения, в то время как доля специализированных нейронов на первой и второй неделе сходна, что было показано нами ранее (Казымаев и др., 2012). Кроме того, это отношение может не увеличиваться на второй неделе выполнения нового поведения по сравнению с первой (рисунок 1В, ЗЦК), а доля спайков в акте с максимальной частотой может быть меньше у специализированных нейронов по сравнению с неидентифицированными. В то же время другие авторы предполагают, что избирательность активности нейронов, специфически связанных с обеспечением данного поведения, и доля спайков должны повышаться (Grosmark, Buzsáki, 2016).

Использованные нами показатели распределения межспайковых интервалов – асимметрия и эксцесс – не зависят от средней частоты спайков данного нейрона. Повышение показателя асимметрии означает смещение распределения влево, то есть в сторону более коротких интервалов (повышение показателя эксцесса при этом означает смещение в сторону концов распределения). Можно предположить, что частота спайков в акте с максимальной частотой у нейронов с большим показателем асимметрии в значительной мере обусловлена тем, что активация становится более короткой и высокочастотной. В то же время оба показателя не различаются между специализированными и неидентифицированными нейронами и при этом в передней цингулярной коре снижаются от первой ко второй неделе регистрации, а в задней цингулярной коре – увеличиваются. Возможно, что основной вклад в снижение активации передней и повышение активации задней цингулярной коры по мере тренировки, демонстрируемые в ряде работ на основе суммарных показателей активности нейронов (Gabriel, 1993; Tracy et al., 2003), вносят именно короткие высокочастотные активации.

Таким образом, критерий специализации нейрона соответствует задаче распределения показателей формирования нового и модификации ранее сформированного опыта при изучении системных процессов, лежащих в основе динами-

---

ки мозгового обеспечения поведения. В качестве дополнительных показателей модификации опыта возможно использование других показателей избирательности активности нейронов, в том числе характеристик распределения межспайковых интервалов.

## Литература

- Александров Ю. И. Психофизиологическое значение активности центральных и периферических нейронов в поведении. М.: Наука, 1989.
- Александров Ю. И. Научение и память: традиционный и системный подходы // Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 2005. Т. 55. № 6. С. 842–860.
- Барабанщиков В. А. Психология восприятия: Организация и развитие перцептивного процесса. М.: Когито-Центр; Высшая школа психологии, 2006.
- Казымаев С. А., Созинов А. А., Гринченко Ю. В., Александров Ю. И. Оценка реорганизации индивидуального опыта по показателям динамики мозгового обеспечения поведения // Экспериментальный метод в структуре психологического знания / Отв. ред. В. А. Барабанщиков. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. С. 777–781.
- Сергиенко Е. А. Раннее когнитивное развитие: новый взгляд. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2006.
- Созинов А. А., Гринченко Ю. В., Казымаев С. А., Александров Ю. И. Показатели стабильности и динамики мозгового обеспечения нового поведения // Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях – 2015. Труды IV Всероссийской конференции. Нижний Новгород, ИПФ РАН, 2015. С. 220–222.
- Швырков В. Б. Введение в объективную психологию: Нейрональные основы психики: Избранные труды. М.: Изд-во «ИП РАН», 2006.
- Alexandrov Yu. I., Grinchenko Yu. V., Järvilehto T. Change in the pattern of behavioral specialization of neurons in the motor cortex of the rabbit following lesion of the visual cortex // Acta Physiologica Scandinavica. 1990. V. 139. P. 371–385.
- Bontempi B., Laurent-Demir C., Destrade C., Jaffard R. Time-dependent reorganization of brain circuitry underlying long-term memory storage // Nature. 1999. V. 400. P. 671–675.
- Grosmark A. D., Buzsáki G. Diversity in neural firing dynamics supports both rigid and learned hippocampal sequences // Science. 2016. V. 351. № 6280. P. 1440–1443.
- McKenzie S., Eichenbaum H. Consolidation and Reconsolidation: Two Lives of Memories? // Neuron. 2011. V. 71. P. 224–233.
- McNaughton B. L., O'Keefe J., Barnes C. A. The stereotrode: A new technique for simultaneous isolation of several single units in the central nervous system from multiple unit records // Journal of Neuroscience Methods. 1983. V. 8. № 4. P. 391–397.
- Souza M. M., Mello e Souza T., Vinadé E. R., Rodrigues C., Choi H. K., Dedavid e Silva T. L., Medina J. H., Izquierdo I. Effects of posttraining treatments in the posterior cingulate cortex on short- and long-term memory for inhibitory avoidance in rats // Neurobiology of Learning and Memory. 2002. V. 77. P. 202–210.
- Tracy J., Flanders A., Madi S., Laskas J., Stoddard E., Pyrros A., Natale P., DelVecchio N. Regional brain activation associated with different performance patterns during learning of a complex motor skill // Cerebral Cortex. 2003. V. 13. № 9. P. 904–910.
- Weible A. P. Remembering to attend: The anterior cingulate cortex and remote memory // Behavioural Brain Research. 2013. V. 245. P. 63–75.