

Исследования поддержаны Программой Президиума РАН «Живая природа».

Список литературы

1. Voznessenskaya V.V., Parfyonova V.M., Wysocki C.J. Induced olfactory sensitivity in rodents: a general phenomenon // *Adv. Biosci.* – 1995. – Vol. 93. – P. 399-405.
2. Voznessenskaya V.V., Wysocki C.J. Exposure of mice to androstenone induces behavioral sensitivity to androstenone // *Chem.Senses.* – 1994. – Vol. 19. – P. 569.
3. Соколов В.Е., Вознесенская В.В., Высоккий Ч.Д. Индуцированная чувствительность к одорантам: новый феномен // *ДАН.* – 1996. – Т. 347, № 3. – С. 843-846.
4. Соколов В.Е., Вознесенская В.В. Роль раннего ольфакторного опыта в индивидуальном распознавании серой крысы // *ДАН.* – 1997. – Т. 348. – С. 1346-1350.
5. Voznessenskaya V.V., Wysocki C.J. Individual recognition: the effects of early experience // *Chem. Senses.* – 1993. – Vol. 18. – P. 644.
6. Чухрай Е.С., Полторак О.М., Атяшева Л.Ф., Веселова М.Н., Вознесенская В.В., Вайсоки Ч.Д. Растворимая щелочная фосфатаза как транспортный белок гидрофобных одорантов // *Ж. Физич. химии.* – 1995. – Т. 69, № 2. – С. 336–339.
7. Чухрай Е.С., Атяшева Л.Ф., Полторак О.М., Вознесенская В.В., Вайсоки Ч.Д. Моделирование первичной рецепции одорантов на природных носителях // *Ж. Физич. химии.* – 1997. – Т. 71, № 2. – С. 347–350.
8. Ключникова М.А., Вознесенская А.Е., Родионова Е.И., Вознесенская В.В. Специфическая anosmia в свете современных представлений об обонятельной рецепции млекопитающих // *Сенсорные системы.* – 2011. – Т. 25, № 1. – С. 32-45.
9. Voznessenskaya V.V., Klyuchnikova M.A., Wysocki C.J. Roles of the main olfactory and vomeronasal systems in detection of androstenone in inbred strains of mice // *Current Zoology.* – 2010. – Vol. 56, № 6. – P. 813-818.
10. Вознесенская В.В., Ключникова М.А. Роль основной и дополнительной обонятельной системы в детекции феромона млекопитающих андростенона у домашней мыши // *Сенсорные системы.* – 2009. – Т. 23, № 1. – С. 67-71.

ВЛИЯНИЕ ПЛАЗМЫ ИСКРОВОГО РАЗРЯДА НА УРОВЕНЬ ОКИСЛИТЕЛЕЙ И ВОССТАНОВИТЕЛЕЙ В МОДЕЛЬНЫХ РАСТВОРАХ

Иванова И.П., Трофимова С.В.

*Нижегородская государственная медицинская академия, Нижний Новгород,
e-mail: trofimova_s_v@mail.ru*

В последние десятилетия активно изучается влияние низкотемпературной плазмы на эукариотические, прокариотические клетки и ткани организма. Известны бактерицидный, цитотоксический и другие биомедицинские эффекты низкотемпературной плазмы, однако механизм действия практически не изучены.

Поэтому целью данной работы был анализ радикальных процессов в модельных растворах неорганических и органических веществ после воздействия излучением плазмы искрового разряда.

В качестве модельных растворов были выбраны вода дистиллированная, раствор хлорида натрия, хлорида калия, бикарбоната натрия, глюкозы, альбумина и их комбинации. Концентрации всех модельных растворов были физиологически сбалансированы. Характеристики, используемого разряда, генерирующего излучение низкотемпературной газоразрядной плазмы: ёмкость импульсного конденсатора $C = 3,3$ нФ,

балластное сопротивление $R = 10$ МОм, напряжение источника питания $U_{\text{ист}} = 11$ кВ, частота повторения импульсов – 10 Гц. Исследуемые растворы обрабатывали излучением плазмы в течение 5-600 секунд. Непосредственно после обработки проводили оценку изменения рН, накопление окислителей и восстановителей в пробах. Содержание окислителей и восстановителей оценивали аналитически.

Было показано, что после обработки излучением плазмы во всех изученных растворах происходит снижение рН и увеличение количества окислителей и восстановителей с увеличением времени воздействия. Однако, в растворах, содержащих альбумин, снижение рН было менее выраженным, а образование восстановителей вообще не наблюдалось.

Таким образом, можно заключить, что присутствие альбумина в модельных растворах блокирует активацию радикальных процессов и стабилизирует буферную ёмкость растворов.

ВЛИЯНИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СТРЕССА НА РЕЦЕПЦИЮ ПОЛОВЫХ ФЕРОМОНОВ У ДОМОВЫХ МЫШЕЙ

Кваша И.Г., Вознесенская В.В.

*Институт проблем экологии и эволюции
им. А.Н. Северцова РАН, Москва,
e-mail: vvoznenskaya@gmail.com*

В основе организации сложных форм поведения большинства млекопитающих лежит восприятие и анализ запаховых раздражителей. В регуляции внутривидового поведения грызунов химические сигналы играют особую роль. Гены, кодирующие обонятельные рецепторы, составляют 3-4% всего генома позвоночных, их число сопоставимо с таковым генов рецепторов иммунной системы [1]. Данный факт свидетельствует об исключительной биологической значимости обоняния для млекопитающих. Химические сигналы играют критическую роль в регуляции репродуктивного поведения домашней мыши *Mus musculus*. На сегодняшний день достаточно хорошо изучены: структурно-функциональная организация основной обонятельной и вомероназальной системы, механизмы трансдукции сигнала в обеих системах, описан химический состав феромонов домашней мыши и набор поведенческих реакций, которые запускаются этими феромонами [2]. Ряд работ посвящен роли тестостерона у самцов в реализации феромональных эффектов. Однако нет ни одной работы, которая бы учитывала уровень стрессированности животных при реализации феромональных эффектов. С одной стороны, в естественной среде обитания животные постоянно подвергаются воздействию стрессоров различной интенсивности, с другой – в естественной популяции наблюдается очень широкая вариабельность в стресс-реактивности осо-

бей. Это ставит вопрос об учете этого фактора как самостоятельного при оценке роли феромонов в регуляции репродукции грызунов. Целью данной работы являлось исследование влияния стресса на восприятие феромонов эстральной самки самцами домашней мыши на уровне поведения и на уровне рецепторов выстилки вомероназального органа, а также исследование возможных физиологических механизмов, обеспечивающих блокировку сигнала на уровне рецепторной ткани.

В качестве объектов исследования использовали мышей гетерогенной лабораторной популяции. Для оценки влияния такого стрессорирующего агента, как запах хищника, на восприятие феромонов эстральной самки на уровне рецепторов вомероназального органа (ВНО) использовали метод иммуногистохимического окрашивания срезов ВНО [3]. Для стимуляции нейрональной активности в рецепторном эпителии ВНО самцов домашней мыши помещали на 90 минут на подстилку рецептивной самки своего вида [4, 5]. Для стрессирования мышей использовали долговременные экспозиции к моче домашней кошки [6]. Для экспозиции к запаху хищника использовали климатическую камеру с изолированными отсеками (ASP130, Flu France). Для оценки влияния запаха хищника на восприятие феромонов эстральной самки на уровне поведения самцов домашней мыши ссаживали с эстральной самкой своего вида. На протяжении 60 минут регистрировали: количество попыток садок, количество садок с интродукциями, количество назоназальных контактов потенциальных партнеров. Для одного и того же животного тест проводили дважды: до воздействия запахом хищника и после. Для выявления наличия/отсутствия рецептора глюкокортикоидов в рецепторном эпителии ВНО домашней мыши применяли метод иммуногистохимического окрашивания срезов ВНО с использованием антител против рецептора глюкокортикоидов производства Santa Cruz Biotechnology GR (M-200). В качестве положительного контроля использовали ткань основной обонятельной луковицы, для которой показана экспрессия данного белка.

Долговременные экспозиции к запаху хищника привели к достоверному снижению таких параметров полового поведения, как количество садок с интродукциями и количество попыток садок ($p < 0,05$, $n = 10$). Кроме того, снизился интерес к рецептивной самке, что отражено в достоверном снижении количества назоназальных контактов между потенциальными партнерами. Также самки проявляли меньший интерес к стрессированным самцам по сравнению с интактными. У интактных животных наблюдали экспрессию белка Fos в базальной части рецепторного эпителия ВНО, т.е. в зоне, где предположительно находятся рецепторы, специализированные на детекции феромонов [7, 8].

У животных, находившихся перед началом эксперимента под воздействием запаха хищника, активация клеток в рецепторной ткани ВНО, отмеченная у нестрессированных животных, отсутствовала. Уровень кортикостерона у таких животных в несколько раз превышал таковой у нестрессированных и варьировал от 150 до 800 нг/мл. ($n = 20$). Большой интерес представляет не только само явление блокировки рецепторов ВНО, но и механизмы, лежащие в его основе. Гормоны могут оказывать непосредственное влияние, как на рецепторные клетки (периферические эффекты), так и на нейроны центральной нервной системы (ЦНС), участвующие в обработке ольфакторной информации. У одних видов «сортировка сигнала» происходит в периферическом звене обонятельного анализатора, а у других – на уровне ЦНС. Ранее нами было установлено, что снижение концентрации тестостерона в плазме блокировки рецепторов ВНО на феромоны эстральной самки. Кроме того, в рецепторной ткани ВНО отсутствует рецептор к андрогенам [9]. По нашим данным и рецепторы к минералокортикоидам не экспрессированы в рецепторной ткани ВНО. В наших экспериментах мы наблюдали хорошо выраженную иммунореактивность к рецепторам глюкокортикоидов в ткани ВНО, что свидетельствует об экспрессии рецепторов к глюкокортикоидам в рецепторной ткани ВНО. Исходя из полученных данных, блокировку ответа на половой феромон рецептивной самки своего вида на уровне рецепторов у самцов домашней мыши высокими концентрациями кортикостерона можно объяснить тормозными влияниями клеток, экспрессирующих рецепторы к глюкокортикоидам.

Исследования поддержаны РФФИ 10-04-01599.

Список литературы

1. Buck L., Axel R. A novel multigene family may encode odorant receptors: a molecular basis for odor recognition // *Cell*. – 1991. – Vol. 65, №1. – P. 175–187.
2. Ma W., Miao Z., Novotny M. Induction of estrus in grouped female mice (*Mus domesticus*) by synthetic analogs of male urinary constituents // *Chem. Senses*. – 1999. – Vol. 24. – P. 289–293.
3. Voznessenskaya V.V., Klyuchnikova M.A., Wyszocki C.J. Roles of the main olfactory and vomeronasal systems in detection of androstenone in inbred strains of mice // *Current Zoology*. – 2010. – Vol. 56, № 6. – P. 813–818.
4. Voznessenskaya V.V., Klyuchnikova M.A., Voznesenskaia A.E. The role of vomeronasal organ in mediating responses to predator odor // *Chem. Senses*. – 2007. – Vol. 32. – P. 33.
5. Voznessenskaya V.V., Voznesenskaia A.E., Klyuchnikova M. A. The role of vomeronasal organ in reception of predator scents // *Chem. Senses*. – 2006. – Vol. 31. – P. 43–44.
6. Voznessenskaya V.V., Naidenko S.V., Feoktistova N.Yu., Miller L., Clark L. Hormonal mechanisms of litter reductions in rodents under predator odor influence // *Chem. Senses*. – 2000. – Vol. 25. – P. 604–605.
7. Ambaryan A.V., Voznesenskaia A.E., Kotenkova E.V., Voznessenskaya V.V. // *Chem. Senses*. – 2009. – Vol. 34, № 3. – P. 65.
8. Вознесенская А.Е., Амбарян А.В., Ключникова М.А., Котенкова Е.В., Вознесенская В.В. Механизмы репродуктив-

ной изоляции у домовых мышей надвидового комплекса // *Mus Musculus s. lato: от поведения к рецепторам.* – 2010. – Т. 435, № 3. – С. 417-419.

9. Voznessenskaya A.E. The role of hormonal status of signal recipient in pheromone reception in house mouse // *Chem. Senses.* – 2006. – Vol. 31, №8 – P. 24–25.

ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЛИПИДНОГО СОСТАВА МЕМБРАН И БЕЛКОВЫХ МОДИФИКАЦИЙ ХРУСТАЛИКА КРЫС

Князев Д.И., Иванова И.П.

*Нижегородская государственная
медицинская академия, Нижний Новгород,
e-mail: dmitry-kn@yandex.ru*

В процессе дифференцировки волокон, а также с увеличением возраста, белки хрусталика претерпевают множественные посттрансляционные модификации, часть из которых может вести к формированию высокомолекулярных нерастворимых агрегатов, обуславливающих возникновение помутнений. Вопрос взаимовлияния мембран и внутриклеточных компартментов в контексте развития помутнений хрусталика является не до конца изученным. Целью настоящей работы явилось изучение связи липидного состава мембран и уровня модификаций белков хрусталика в ходе постнатального развития.

Материалы и методы. Эксперименты проведены на крысах линии Wistar трёх возрастных групп: 1, 12 и 24 месяцев. Уровень белка и карбонильных производных белков оценивали спектрофотометрически. Содержание триптофана, битирозина и продуктов неферментативного гликозилирования оценивали по интенсивности флуоресценции. Разделение фосфолипидов и нейтральных липидов проводили методом тонкослойной хроматографии.

Результаты. С увеличением возраста отмечено повышение содержания белка в гомогенате хрусталиков, что свидетельствует о накоплении малорастворимых белковых агрегатов. В гомогенате наблюдалось равномерное снижение уровня карбонильных производных белков. В то же время наблюдалось накопление продуктов гликозилирования, битирозина и триптофана в водорастворимой фракции. Основными возрастными изменениями липидного состава мембран хрусталиков являлось увеличение доли сфингомиелинов и нейтральных липидов. Главной составляющей нейтральных липидов являлись холестерин и его эфиры. Вероятно, обогащение мембран классами липидов, характеризующихся относительно высокой «упорядоченностью», ингибирует образование карбонильных производных белков хрусталика, и, в то же время, может играть важную роль в разбалансировке межклеточной коммуникации, приводящей к протеолизу (и т.о. экспонированию триптофана) и накоплению продуктов неферментативного гликозилирования белков.

ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ СЕМЯН ПРИ ОБЛУЧЕНИИ АДРОНАМИ СЕРПУХОВСКОГО УСКОРИТЕЛЯ ПРОТОНОВ И ГАММА-РАДИАЦИЕЙ

Кожокару А.Ф., Юров С.С.

*ФГБУН «Институт биофизики клетки РАН»,
Пуццо, e-mail: aurelium@inbox.ru*

Изучено воздействие на прорастание семян растений (кукурузы, пшеницы, конских бобов) длительного (течение 5-20 суток), хронического смешанного излучения малых доз 10-40 Гр адронов высоких энергий (АВЭ) биологического канала «Спин» Серпуховского ускорителя протонов с энергией 70 ГэВ и γ -излучения ^{137}Cs в лабораторных условиях. Зависимость степени прорастания, длины корневой системы и гипокотила, веса проростков от дозы АВЭ имела куполообразный характер, поскольку меньшие дозы оказывали стимулирующее действие, большие дозы – ингибирующее. В отличие от γ -облучения для АВЭ кривые имели «пилообразный» вид, связанный с локальным адронным биологическим эффектом (ЛАБЭ), обусловленным неравномерностью пространственного распределения адронов. Впервые обнаружен гипокотельно-корневой ЛАБЭ. Получены мутационные изменения у проростков.

В полевом опыте в F_1 поколении *Zea mays L.* показано ингибирующее действие высоких доз ($8 \cdot 10^1$ – 10^3 Гр) хронического излучения АВЭ, генерированного на ускорителе протонов. Первичному воздействию адронного облучения подвергались семена устойчивого к неблагоприятным климатическим условиям сорта *Zea mays L.* Обнаружена дозовая корреляционная зависимость по индукции адронных биоэффектов (от 2 до 15) по трем морфо-генетическим признакам. По 2 признакам, связанным с гипокотилем, зависимость носит куполообразный характер, поскольку гипокотиль обладает большей чувствительностью к меньшим дозам облучения из-за того, что он образовался из завязи, непосредственно подвергнутой адронному облучению. Наблюдался ряд «выбросных» точек, соответствующих значениям локальных адронных биоэффектов, которые по критерию относительной биологической эффективности достигали величины 10. На некоторых растениях отмечается появление специфических адронных биоэффектов вне дозовой зависимости, не наблюдаемые в контроле и при γ -облучении в виде мощных, разветвленных ярусных корней и перепутанных, смешанных корневых ярусов гипокотила, индуцируются необычные, эмбрионально не развитые, новые растения высотой 20 и 30 см. Сильные адронные биоэффекты связаны с физическими особенностями адронных взаимодействий: множественной генерацией