

Влияние светового режима на вегетативный статус крыс

В.Н. КРЫЛОВ¹, Л.В. ОШЕВЕНСКИЙ, А.Ю. РЫЖАКИНА

Нижегородский государственный университет им Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород

Аннотация

Работа посвящена изучению физиологических эффектов (вариабельность сердечного ритма и электрофоретическая подвижность эритроцитов) у крыс при изменении у них суточного светового режима. Установлено, что короткий световой день (декабрь, 7 ч, контроль) и низкий уровень освещения приводят к снижению вегетативной реактивности крыс, характеризующейся преобладанием парасимпатической (ваготонической) активности и отсутствием реакции на ортостатический тест. Дополнительное освещение животных светодиодными лампами (12 ч, опыт) и повышение уровня освещения повышают симпатическую активность вегетативного тонуса и восстанавливают адекватность реакции животных на ортостатическую пробу.

Ключевые слова: световой режим, вегетативные реакции, эритроциты, меланопсин.

Введение

Одной из стратегических задач, которые необходимо решать для развития энергосберегающего освещения и светотехники в целом, наряду с разъяснительной работой среди специалистов и населения, является проведение соответствующих психофизиологических исследований. Авторы полагают, что при этом важно изучение физиологических эффектов и механизмов, по которым реализуются эти эффекты. В последнее тридцатилетие доказано, что свет, попадающий в глаз человека, может являться также биологическим, поведенческим и терапевтическим стимулом. Обнаруженный в светочувствительных ганглионарных клетках сетчатки новый фотопигмент меланопсин позволил прояснить нейроанатомию

и нейрофизиологию фотосенсорной системы, которая, через супрахиазматические ядра гипоталамуса, обеспечивает входной канал для циркадной и нейроэндокринной регуляции, в том числе для синтеза мелатонина эпифизом. Ещё больших достижений следует ожидать, учитывая результаты воздействий света, полученные в экспериментах на животных. Так, недавно установлено, что меланопсин, в ещё большем количестве, чем в клетках сетчатки, обнаружен в стенке кровеносных сосудов мышц. Авторами показано, что меланопсин сосудов участвует в их расширении и усилении кровотока, причём эти эффекты обеспечиваются без участия известных медиаторов расслабления сосудов (монооксид азота, монооксид углерода, простагландины). Однако недостаточно изучены физиологические механизмы, по которым может реализовываться «незрительное» световое воздействие. В частности, остаётся невыясненным вопрос о влиянии режима освещения на систему регуляции вегетативных функций организма – его вегетативную нервную систему (ВНС).

Цель и методы исследования

В данной работе проведено изучение состояния системы вегетативной регуляции функций крыс при изменении у них суточного светового режима дополнительным освещением светодиодами. Исследования проводились на 35 беспородных крысах-самках массой 180–250 г, находящихся на стандартном рационе вивария. Крысы разделялись на две группы. Первая, контрольная, находилась в условиях естественного освещения (декабрь, продолжительность светового дня 7 ч, освещённость на полу клеток с крысами в полдень 2–3 лк). Вторая группа животных, опытная, помимо естественного освещения, получала дополнительное искусственное освещение источником белого света (на базе светодиодов *SMD5050*)

с коррелированной цветовой температурой 6500 К (освещённость на полу клеток с крысами составляла 603–573 лк). Освещение включалось автоматически в 7 ч утра и выключалась в 19 ч вечера: суммарная продолжительность такого «светового дня» в этой группе составляла 12 ч. Освещённость измерялась люксметром ТКА-04/3.

По истечении 14 дней у животных исследовались реакции ВНС с применением компьютерной программы для анализа вариабельности сердечного ритма (ВСР). При анализе физиологических механизмов ВСР учитывались её периодические составляющие: высокочастотные (*HF*), низкочастотные (*LF*) и очень низкочастотные (*VLF*), имеющие периодичность в диапазонах 0,9–3,5, 0,32–0,9 и (0,18–0,32) Гц соответственно, полагая, что высокочастотные колебания отражают преимущественно влияние парасимпатической системы на сердечную мышцу, низкочастотные колебания связаны с активностью постганглионарных симпатических волокон и отражают модуляцию сердечного ритма симпатической нервной системой, а сверхнизкочастотные колебания отражают влияние, в первую очередь, гипоталамических центров вегетативной регуляции. Реакции вегетативных регуляторных систем также оценивались по ортостатической неустойчивости организма (ортостатическая проба). Одновременно с анализом ВСР у крыс оценивалось изменение электрофоретической подвижности эритроцитов (ЭФПЭ), которую измеряли методом микроэлектрофореза в горизонтальной микрокамере.

Результаты и обсуждение

Основные результаты исследования приведены в таблице. Как видно из таблицы, у контрольной группы животных преобладала парасимпатическая (ваготоническая) регуляция вегетативных функций. Это подтверждает доминирование показателя *HF* над *LF* и *VLF*, а также соответствующий баланс *LF/HF*. Такой вегетативный статус крыс представляется вполне естественным для них в дневное время (крысы – «ночные» животные). Проведённая проба на ортостатическую неустойчивость также подтвердила низкий уровень реактивности – выявила отсутствие у животных реак-

¹ E-mail: kfg@bio.unn.ru

Краткое сообщение. Полный текст статьи депонирован в редакции.

Вариабельность сердечного ритма крыс при разных режимах светового воздействия

Показатели ВСР	Группа I (контроль, световой день) $n=17$		Группа II (дополнительное освещение) $n=18$	
	Исходный вегетативный статус	Ортостатическая проба	Вегетативный статус	Ортостатическая проба
ЧСС, уд./мин	439 ± 11	428 ± 8	429 ± 12	439 ± 9
$pNN5, \%$	2,2 ± 0,3	2,5 ± 0,3	1,2 ± 0,8	0,34 ± 0,1
$CV, \%$	2,2 ± 0,3	2,5 ± 0,3	3,9 ± 0,4*	3,6 ± 0,5
$HF, \%$	57,1 ± 4,3	57,1 ± 6,1	53 ± 3,3	47,5 ± 6,1
$LF, \%$	23,9 ± 2	24,1 ± 2,4	28,7 ± 1,2*	34 ± 2**
$TP, \text{мс}^2$	2,4 ± 0,4	4,7 ± 1,8	4,3 ± 0,3*	3 ± 0,1**
$SI, \text{отн. ед.}$	4999 ± 575	4636 ± 650	2530 ± 346*	3142 ± 557**
LF/HF	0,4 ± 0,1	0,6 ± 0,2	0,5 ± 0,1	0,8 ± 0,1**
$VLF, \%$	19,1 ± 4,2	18,9 ± 5,7	18,3 ± 2,7	18,6 ± 4,1
$LF, \text{мс}^2$	0,6 ± 0,2	1,2 ± 0,4	1,2 ± 0,2	1,1 ± 0,3
$HF, \text{мс}^2$	1,3 ± 0,3	2,7 ± 1,3	2,3 ± 0,5	1,4 ± 0,3

Примечание. Статистические значимые различия показателей ($p < 0,05$): * по отношению к группе I; ** по отношению к вегетативному статусу в группе II.

ции со стороны регуляторных систем организма.

В отличие от контрольной группы, в группе с увеличенной продолжительностью «светового дня» показатели ВСР отличались как в исходном состоянии, так и при проведении ортостатической пробы. Анализ изменений позволил установить, что в вегетативной регуляции возросла доля симпатических влияний. Было установлено, что увеличение продолжительности «светового дня» до 12 ч, хотя и не меняло высокочастотную составляющую HF (%), существенно повышало показатели LF , SI , TP и CV . Увеличение индекса LF соответствует повышению активности симпатического тонуса, а индекса CV – связано с повышением вариативности системы регуляции. Увеличение индекса TP (суммарная мощность спектра ВСР) показывает повышение широты процессов регулирования в организме. Снижение индекса SI определило повышение гибкости регулирования, что позволяет системе с меньшим порогом воспринимать и отвечать на внешние и внутренние раздражители малой интенсивности.

При проведении теста на ортостатическую неустойчивость регуляторных систем было показано, что реакция организма на удлиненный «свето-

вой день» проявлялась в виде классической реакции на пробу и отличалась от реакций организма при коротком световом дне: снизилось доминирование HF , достоверно возросла доля симпатической регуляции: повысилась LF , симпатический индекс LF/HF увеличился в 1,6 раза, стресс-индекс SI – в 1,2 раза, уменьшился индекс TP . Такие реакции являются адекватными для ортостатического рефлекса и направлены на стабилизацию функций системы кровообращения.

Анализ электрофоретической подвижности эритроцитов подтвердил переход состояния организма животных в сторону симпатизации вегетативных процессов при удлинении «светового дня». Было установлено, что при дополнительном освещении крыс показатели ЭФПЭ снизились с $1,79 \pm 0,22$ до $1,47 \pm 0,04$ мкм × см/В × с ($p < 0,05$), по сравнению с контрольной группой. Учитывая, что такое снижение по отношению к норме свидетельствует не только об уменьшении суммарного отрицательного заряда эритроцитов, но и о повышении в крови крыс уровня адреналина, можно заключить о непосредственном участии этого гормона в организации реакции симпатизации вегетативных функций при дополнительном освещении животных.

Заключение

В итоге следует заключить, что короткий световой день и слабое освещение приводят к снижению вегетативной реактивности крыс, характеризующейся преобладанием парасимпатической ваготонической активности и отсутствием реакции на ортостатический тест. Увеличение светодиодными лампами продолжительности «светового дня» и повышение уровня освещения повышают симпатическую активность вегетативного тонуса и восстанавливают адекватность реакции животных на ортостатическую пробу, приводя к восстановлению вегетативного баланса центральной регуляции функций. Полученные результаты позволяют прояснить механизмы повышения физиологической активности организма человека и животных при воздействии света (повышение бодрости, артериального давления, частоты сердечных биений, активности головного мозга и др.), показанные в последнее время рядом исследователей. Можно предложить следующую цепь реакций на свет: активация меланопсина – подавление синтеза мелатонина – повышение тонуса симпатической вегетативной нервной и гормональной (надпочечники) систем – активация веге-

тативных и поведенческих функций организма. При этом важно отметить, что активация меланопсина происходит не только в сетчатке, но и в других органах, лежащих близко к поверхности тела, как это, например, показано для стенки кровеносных сосудов мышей. В данном случае следует указать, что при повышении симпатического тонуса и умеренном повышении в крови норадреналина и адреналина первыми на них реагируют бета-адренорецепторы стенки сосудов скелетных мышц, приводя к расширению сосудов с соответствующим усилением кровотока в мышцах. Указанные реакции обусловлены эволюционным развитием фоторецептивных систем организма и отражают его адаптацию к изменяющимся условиям среды – наступлению дня.

В статье 7,5 с., 1 табл. и 18 библиографических ссылок.



Крылов Василий Николаевич, доктор биол. наук, профессор. Окончил в 1970 г. биологический факультет Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского

(ННГУ). Зав. кафедрой «Физиология и биохимия человека и животных» ННГУ. Заслуженный деятель науки РФ. Научные интересы: физиология экстремальных состояний организма



Ошевский Леонид Владимирович, кандидат биол. наук. Окончил в 1979 г. биологический факультет ННГУ. Доцент кафедры «Физиология и биохимия человека

и животных» ННГУ. Научные интересы: применение электромагнитных излучений в биологии и медицине



Рыжакина Анастасия Юрьевна, ветеринар. Окончила в 2011 г. Нижегородскую государственную сельскохозяйственную академию.

Аспирант кафедры «Физиология и биохимия человека и животных» ННГУ. Научные интересы: ветеринария

Поздравляем с юбилеем!

Леониду Борисовичу Прикупец – 70 лет

20 января исполнилось 70 лет со дня рождения известного светотехника, члена редколлегии нашего журнала, кандидата технических наук Леонида Борисовича Прикупеца.

С окончания в 1970 г. с отличием Московского энергетического института по специальности



и обеззараживании жидких сред и воздуха, борьбе с насекомыми-вредителями.

В последние годы Леонид Борисович активно занимается продвижением продукции холдинга *VL Group* на светотехническом рынке.

Л.Б. Прикупец – автор более 100 научных публикаций и 30 изобретений.

«Светотехника и источники света» и по настоящее время Леонид Борисович работает во ВНИСИ (ныне ООО «ВНИСИ им. С.И. Вавилова»).

В течение ряда лет он активно занимался экспериментальными исследованиями разрядов и разработкой металлогалогенных ламп, выбрав в качестве одного из основных направлений работы внедрение специальных светотехнических облучательных установок для выращивания высших растений в закрытом грунте.

В 1979 г. после защиты кандидатской диссертации Л.Б. Прикупец возглавил отдел, а затем отделение разрядных источников излучения и облучательной техники.

На протяжении многих лет с коллегами из Института биофизики СО АН СССР, Института экспериментальной ботаники АН БССР и Института физиологии растений АН СССР Л.Б. Прикупец участвовал в ряде фотобиологических исследований, которые значительно расширили и уточнили представления о влиянии оптического излучения на продуктивность растений и получили известность.

Юбиляр также успешно занимался вопросами применения оптического излучения в медицине, очистке

Он участвовал с докладами в работе многих конференций в нашей стране и за рубежом.

На всех этапах своей трудовой деятельности Л.Б. Прикупец активно занимался научно-общественной деятельностью. В течение ряда лет он являлся представителем России в Отделении 6 Международной комиссии по освещению, а с 1994 г. до последнего времени – исполнителем вице-президентом российского Межрегионального светотехнического общества. Значителен его вклад в организацию и проведение международных светотехнических конференций в Суздале (1995 г.), Великом Новгороде (1997 г.), Вологде (2000 г.), Санкт-Петербурге (2003 г.) и Светлогорске (2006 г.).

Л.Б. Прикупец удостоен правительственных наград, медалей ВДНХ СССР, звания «Почётный машиностроитель Российской Федерации».

Годы не снижают его активность, он щедро делится опытом, консультирует специалистов и студентов, пользуется авторитетом у всех, кто его знает.

Редколлегия и редакция журнала, коллеги и друзья поздравляют Леонида Борисовича Прикупеца с юбилеем и желают ему здоровья, оптимизма и долгих лет активной жизни.