



Обзорная статья
УДК 577.17.0
DOI: 10.37482/2687-1491-Z245

Современные взгляды на нейропептид окситоцин. Часть II. Окситоцин в процессе эволюции. Роль окситоцина в поведенческих и соматовегетативных функциях человека и животных (обзор)

Елена Алексеевна Леонова* ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5921-0289>
Альбина Аскарбиевна Бахова* ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-1785-1088>
Ирина Леонидовна Чередник* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2988-954X>
Юлия Викторовна Кашина* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3997-5601>
Александр Николаевич Арделян* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7882-2595>

*Кубанский государственный медицинский университет
(Краснодар, Россия)

Аннотация. Представлены современные взгляды ученых на физиологические эффекты окситоцина, его влияние на социальное поведение и психологическое состояние человека и животных. Известно, что на ранних этапах развития беспозвоночных животных передача сигналов происходила с помощью веществ, подобных окситоцину. Рассматривается развитие окситоциновых рецепторов у позвоночных животных. Представлены факты о контроле окситоцинергической нейромедиаторной системой и ее гомологами социального поведения как млекопитающих, так и других классов позвоночных. Прослеживается эволюция коммуникативного поведения, обусловленного влиянием окситоцина. Ряд исследований показал связь окситоцинергической нейромедиаторной системы с агрессивными формами поведения. Установлена корреляция уровня экспрессии рецепторов окситоцина в мозге со степенью предрасположенности к половому партнеру. Описано влияние окситоцина на формирование социальных связей человека с домашними животными. Показано, что у последних концентрация окситоцина имеет положительную корреляционную связь с количеством контактов с хозяином. Выявлено антистрессовое и анксиолитическое воздействие данного нейропептида, блокирующего эффекты главного гормона стресса – кортизола, что позволяет рассматривать его как препарат для лечения стресса и его последствий. Окситоцинергическая система может являться нейромодулятором в механизмах эмоций и благодаря этому использоваться для коррекции социальной дисфункции при психических заболеваниях, в т. ч. шизофрении и расстройствах аутистического спектра. Изученные эффекты окситоцина подтверждают особую роль этого древнего гормона в эволюции человечества, его значимость для социализации и здоровья человека, а также демонстрируют перспективность его применения в современной фармакотерапии ряда патологий.

© Леонова Е.А., Бахова А.А., Чередник И.Л., Кашина Ю.В., Арделян А.Н., 2025

Ответственный за переписку: Елена Алексеевна Леонова, адрес: 350063, г. Краснодар, ул. М. Седина, д. 4; e-mail: alenaakiyashko@mail.ru

Ключевые слова: окситоцин, окситоциновые рецепторы, окситоцинергическая система, нейропептиды, эволюция животных и человека, социальное поведение, агрессия

Для цитирования: Современные взгляды на нейропептид окситоцин. Часть II. Окситоцин в процессе эволюции. Роль окситоцина в поведенческих и соматовегетативных функциях человека и животных (обзор) / Е. А. Леонова, А. А. Бахова, И. Л. Чередник, Ю. В. Кашина, А. Н. Арделян // Журнал медико-биологических исследований. – 2025. – Т. 13, № 2. – С. 244-254. – DOI 10.37482/2687-1491-Z245.

Review article

Modern Views on the Neuropeptide Oxytocin. Part II. Oxytocin in the Process of Evolution. The Role of Oxytocin in the Behavioural, Somatic and Autonomic Functions of Humans and Animals (Review)

Elena A. Leonova* ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5921-0289>
Albina A. Bakhova* ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-1785-1088>
Irina L. Cherednik* ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8985-5774>
Yulia V. Kashina* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3997-5601>
Aleksandr N. Ardelyan* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7882-2595>

*Kuban State Medical University
(Krasnodar, Russia)

Abstract. The article presents current views of scientists on the physiological effects of oxytocin, its influence on social behaviour and on the psychological state of humans and animals. It is known that at the early stages of invertebrate evolution, signals were transmitted through oxytocin-like substances. In the reviewed papers, the development of oxytocin receptors in vertebrates is considered. Facts are presented about the control the oxytocinergic neurotransmitter system and its homologues exert over social behaviour, both in mammals and other vertebrates. The evolution of communicative behaviour associated with the influence of oxytocin is traced. A number of studies have demonstrated a link of the oxytocinergic neurotransmitter system with aggressive behaviour. A correlation has been established between the level of expression of oxytocin receptors in the brain and partner preference. The effect of oxytocin on the formation of social bonds between humans and domestic animals has been described. In domestic animals, oxytocin concentrations have been shown to be positively correlated with the number of contacts with the owner. The anti-stress and anxiolytic effects of this neuropeptide blocking the effects of the main stress hormone, cortisol, have been detected. Thus, oxytocin has the potential for treatment of stress and its consequences. The oxytocinergic system can modulate the mechanisms of emotions and can be used to alleviate social dysfunction in mental illnesses, including schizophrenia and autism spectrum disorders. The studied effects of oxytocin confirm the special role of this ancient hormone in anthropogenesis and its importance for human health and socialization, as well as demonstrate its potential use in pharmacotherapy for a number of pathologies.

Corresponding author: Elena Leonova, address: ul. M. Sedina 4, Krasnodar, 350063, Russia; e-mail: alenaakiyashko@mail.ru

Keywords: *oxytocin, oxytocin receptors, oxytocinergic system, neuropeptides, human and animal evolution, social behaviour, aggression*

For citation: Leonova E.A., Bakhova A.A., Cherednik I.L., Kashina Yu.V., Ardelyan A.N. Modern Views on the Neuropeptide Oxytocin. Part II. Oxytocin in the Process of Evolution. The Role of Oxytocin in the Behavioural, Somatic and Autonomic Functions of Humans and Animals (Review). *Journal of Medical and Biological Research*, 2025, vol. 13, no. 2, pp. 244–254. DOI: 10.37482/2687-1491-Z245

Молекула окситоцина многие десятилетия интересовала специалистов разных областей: нейробиологов, фармакологов, психиатров, физиологов – в силу широкого спектра ее действия у позвоночных разных видов, в т. ч. и человека.

Цель данной обзорной статьи – обобщение литературных сведений об эволюции окситоцина, его влиянии на физиологические функции и социальное поведение животных и человека.

На сегодняшний день установлено, что дупликация гена общего предка окситоцина и вазопрессина возникла около 450 млн лет назад. В процессе эволюции беспозвоночных животных передача сигналов велась с помощью веществ, подобных окситоцину. Личинки оболочников в центральной нервной системе (ЦНС) имеют до 100 нервных клеток, экспрессирующих окситоцин-подобные вещества [1]. Также выделение данных веществ было замечено у членистоногих и круглых червей, особенно у взрослых особей. У круглых червей впервые обнаружены аннепрессин, нематотин (у нематод), а у улиток и пиявок их гомолог – конопрессин. У насекомых можно увидеть гомологичную форму – инопрессин.

В 1928 году Эрнст Шаррер, анатом из Германии, открыл гигантские клетки, получившие название «магноцеллюлярные нейроны», в гипоталамусе костных рыб [2]. Позже они были обнаружены у позвоночных всех классов. Установлено, что магноцеллюлярные нейроны способны вырабатывать нейропептиды – вазопрессин, окситоцин и ряд их гомологов [3], которые экспрессируются как в гипоталамусе позвоночных животных, так и в сходных нейросекреторных структурах

мозга беспозвоночных. Впервые окситоцин выделяется у человека пренатально (на 14-й неделе эмбрионального развития), что подтверждает его влияние на физиологию развития плода. Количество окситоциновых рецепторов (ОР) при этом практически неизменно от эмбриональной стадии до взрослой жизни [1].

У разных видов помимо структуры окситоцина также сохраняется распределение его рецепторов, что свидетельствует о биохимической устойчивости данного пептида в процессе эволюции. На *рис. 1* представлено эволюционное развитие окситоцина в филогенезе беспозвоночных и позвоночных животных.

В процессе эволюции в головном мозге разных видов животных изменялись пути транспортировки и механизмы высвобождения окситоцина, а также его гомологов. Например, у рыб и амфибий (низших позвоночных) высвобождение гомологов окситоцина происходит в спинномозговую жидкость, а у позвоночных, которые находятся на более высоком уровне развития, нейропептид выделяется непосредственно из аксонных терминалей в различных отделах ЦНС: спинной мозг, ствол, передний мозг [4, 5]. Также совместно с аксонным транспортом происходили изменения и в экспрессии ОР сразу за специализацией отдельных мозговых структур [4]. Окситоцинергическая система имеет схожий механизм с другими нейромодуляторными мозговыми системами, такими как серотонин- и дофаминергическая. Прослеживая эволюцию данного гормона, можно по-новому посмотреть на многоплановость его влияния на организм животных и человека (*рис. 2*).

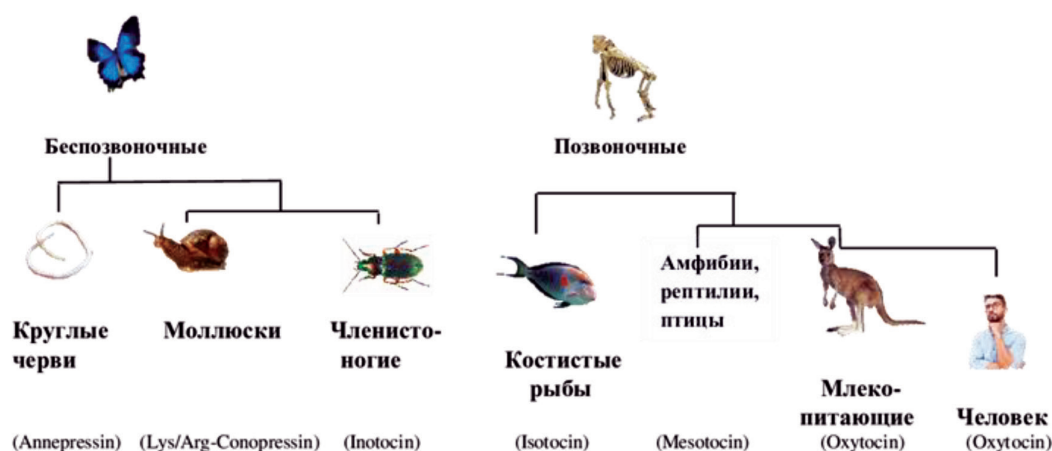


Рис. 1. Эволюционная зависимость окситоцина и его гомологов

Fig. 1. Evolutionary dependency of oxytocin and its homologues



Рис. 2. Эффекты окситоцина у млекопитающих

Fig. 2. Effects of oxytocin in mammals

Прослеживается эволюция коммуникативного поведения, связанного с влиянием окситоцина. Окситоцинергическая нейромедиаторная система и ее гомологи контролируют социальное поведение как млекопитающих, так и других биологических видов [5].

Окситоцин и окситоцин-подобные пептиды важны для физиологических функций. Например, высвобождение гомологов – изотоцина, мезотоцина и вазотоцина – у рыб, амфибий, рептилий и птиц сопровождается стимуляцией активности гормональной функции. Гомологи окситоцина также регулируют социально-сексуальное поведение у большинства видов животных. Например, у кольчатых червей и моллюсков (дождевой червь и улитки) аннепрессин и конопрессин участвуют в регуляции репродуктивного движения и яйцекладки. У рыбы-мичмана наблюдается усиление вокализации при введении изотоцина в преоптическую часть переднего гипоталамуса. У птиц отмечено влияние изучаемого пептида на межвидовое кооперативное поведение, агрессию, социальную изоляцию, ухаживание, сплочение пар в стае и яйцекладочное поведение. У грызунов установлено влияние окситоцина на способность распознавания своих и чужих особей, социальную агрессию, что способствует образованию популяции [6–8].

У млекопитающих окситоцинергическая система контролирует нормальное течение родов и осуществление лактации, у рептилий и птиц – кладку яиц, у рыб и амфибий – метание икры, т. е. отвечает за сохранение биологического вида. Материнская забота по отношению к новорожденным детенышам также обусловлена влиянием данного гормона и экспрессией его рецепторов. Введение антагониста окситоцина желтобрюхим полевым блоkirовало их материнское поведение [9].

Показано влияние окситоцина не только на половую сферу женщин, но и на эректильную функцию мужчин, т. к. данный гормон осуществляет регуляцию предстательной железы по ауто- и паракринному типу. Именно поэтому он используется для лечения эякуляторных и репродуктивных патологий [10, 11].

Установлено влияние окситоцина на регуляцию аппетита: усиленный синтез гормона снижает потребление пищи, контролирует выбор питательных веществ, уменьшая тягу к углеводам [12–14]. Он влияет на энергетический баланс организма, усиливает симпатическую активацию и термогенез в бурой жировой ткани, способствует снижению инсулинорезистентности и похудению, принимает активное участие в костном метаболизме, улучшая остеогенез и микроархитектуру кости [15–18]. В исследованиях, моделирующих врожденный дефицит данного гормона, показана потеря костной ткани и развитие саркопении, что компенсируется при получении экзогенного окситоцина [19]. Этот нейропептид совместно с вазопрессином регулирует водно-солевой баланс, контролируемый почками. В почечной ткани окситоцин увеличивает фильтрацию, кровоток, количество оксида азота, осуществляет вазодилатацию, демонстрируя, таким образом, периферические метаболические эффекты. Данный гормон контролирует иммунный ответ, обезбоживание и ноцицепцию [20].

Выделение окситоцина происходит при определенной стимуляции в отдельных участках мозга. Для данного нейропептида характерны не только нейроэндокринный и вегетативный контроль репродукции, но и регуляция просоциальных функций (когнитивные эффекты), эмоциональной сферы, психологической устойчивости, доверительных отношений [3, 6]. Ряд работ демонстрирует корреляцию повышенного количества окситоцина плазмы крови человека с высоким уровнем доверия, пониженной степенью стрессорного ответа, улучшением настроения, памяти, обучаемости и уменьшением тревожности и депрессии [21].

Мыши с нокаутом генов окситоцина или ОР имеют слабую способность к социальному распознаванию, что проявляется в невозможности запоминать социальные сигналы запаха. При искусственном введении гормона в область миндалины наблюдалось восстановление данной функции [9].

В экспериментах на желтобрюхих полевках, отличающихся моногамностью, была установлена корреляция уровня экспрессии ОР в мозге со степенью предрасположенности к половому партнеру [9]. При введении окситоцина женским особям мышей в желудочек мозга увеличивалось количество социальных контактов и образовывались устойчивые пары, а использование окситоцинового антагониста приводило к нарушению типичного поведения. При изучении мозга горной полигамной и желтобрюхой моногамной полевок была обнаружена более высокая концентрация окситоцина в полосатом теле у второго вида [9].

Описано влияние окситоцина на формирование социальных связей человека с домашними животными. Показано, что у последних уровень исследуемого нейропептида имеет положительную корреляционную связь с количеством контактов с их владельцем. Установлено увеличение уровня окситоцина как у собаки, так и у хозяина после визуального контакта [8]. Положительные социальные проявления к ухаживающему человеку были также выявлены у ягнят. Уровень окситоцина у них увеличивался и при кормлении матерью, и при взаимодействии с человеком [9]. Эволюционно естественный отбор был направлен на снижение уровня агрессии, что способствовало образованию схожих признаков между домашними животными и их владельцами.

Также необходимо выделить и влияние окружающей среды на передачу сигналов окситоцина в раннем возрасте у животных. Исследования на обезьянах демонстрируют влияние матери на развитие ее потомства: у макак, выращенных в питомниках, установлены более низкие уровни окситоцина, чем у воспитанных матерью [10].

Отмечено влияние гормона на прогнозирование поведения и состояния животного и человека. Например, социальная активность и развитие трехмесячного ребенка положительно связаны с уровнем окситоцина в спинномозговой жидкости, а при введении данного нейропептида увеличиваются показатели коммуни-

кации [22]. Изменяющаяся окружающая среда и взаимодействие наших предков напрямую влияли на их успешное социальное развитие и возможность быстро адаптироваться [22]. Способность к обучению, прогнозированию и реагированию имеет прямую зависимость от чувствительности окситоцинергической системы к раздражающим факторам с раннего возраста. Другими словами, специфическая способность людей приспосабливаться к изменяющимся окружающим условиям может осуществляться за счет стрессовых воздействий, возникающих при нарушении функционирования биологических систем, которые поддерживают работу окситоцинергической системы.

Анализ эволюционной роли окситоцина позволяет предположить, что он сформировался как гормон, который провоцирует сохранение стабильности путем изменений (аллостаза). Это согласуется с популяризированной ролью окситоцина в социальном поведении (т. к. оно может быть использовано для поддержания аллостаза), а также доказывает более широкую роль окситоцина в ситуациях, когда выживание и адаптация вступают в конфликт с просоциальными реакциями. Хотя концепция аллостаза имеет много общего с гомеостазом, теория аллостаза признает, что организмы могут прогнозировать будущее [1].

Для млекопитающих, которые живут в группах, основными целями являются поиск подходящих партнеров, формирование связей и спаривание, воспитание потомства, создание дружеских отношений и обществ и совместное переживание стрессовых условий [13, 14]. Окситоцин, по-видимому, в некоторой степени участвует в этих процессах, оказывая влияние на соответствующие области мозга. Данный гормон облегчает сенсорную обработку, позволяющую преимущественно получать социально значимые сигналы, и способствует вознаграждению за просоциальное поведение, особенно по отношению к членам группы, одновременно снижая тревогу и вызывая чувство удовлетворенности, что приводит к активации соответствующего поведения для адаптации к социальной среде.

Окситоцин – важный нейропептид, регулирующий комплекс когнитивных и социальных функций в процессе эволюции животных [1, 23]. Он играет немаловажную роль в установлении социальных контактов, познавательной деятельности, модулирует активность вегетативной нервной системы, влияет на такие состояния, как беспокойство и агрессия, принимает участие в снижении условных рефлексов формирования страха [21, 24, 25]. Выявлено антистрессовое и анксиолитическое воздействие исследуемого нейропептида, блокирующего эффекты главного гормона стресса – кортизола, что позволяет рассматривать окситоцин как препарат для лечения стресса и его последствий [6, 26].

Накоплены убедительные данные о роли окситоцина в объединении животных в стаи, а людей – в коллективы и пары, усилении привязанности и романтической активности, также исследуемый гормон оказывает антисоциальное действие [6, 25].

Недостаток окситоцина связывают с рядом психических заболеваний, таких как шизофрения и расстройства аутистического спектра, лобно-височной деменцией [27]. Считается, что данный гормон влияет на синтез и метаболизм нейропептидов, отвечающих за поведенческие реакции и психопатологию. В исследованиях наблюдался положительный эффект в лечении аутизма при периферическом введении окситоцина [28, 29].

При введении эндогенного окситоцина у мужчин улучшалось понимание настроения других людей, повышалась доверчивость, снижался эгоизм и усиливался парохизмальный альтруизм [25]. Активация эндогенной окситоцинергической системы головного мозга у обоих полов имеет положительное влияние на организм, ингибируя стрессорные реакции, вызванные поведенческими социальными и/или нейроэндокринными факторами. Окситоцинергическая система может являться нейромодулятором в механизмах эмоций и использоваться для коррекции социальной дисфункции при психических заболеваниях [27, 28].

При внутрижелудочковой инъекции или интраназальном введении обнаружено влияние окситоцина на социально-поведенческие реакции, характеризующееся снижением периферического кортизола, модификациями в родительских инстинктах, увеличением щедрости, доверия, альтруизма, изменениями в восприятии лица собеседника и увеличением времени задержки взгляда на глазах, усилением ментализации, более положительной оценкой собеседника, улучшением социальной памяти [26].

Исследования на грызунах демонстрируют влияние окситоцина на функциональную активность миндалевидного тела, что способствует снижению страха и агрессии [13]. При дефиците данного нейропептида мыши сохраняют обонятельную и пространственную память при нарушении социальной, которая восстанавливается после инъекции окситоцина.

Исследования показали связь окситоцинергической нейромедиаторной системы с агрессивными формами поведения. Уровень агрессии самцов крыс Groningen (линия, характеризующаяся агрессивной формой поведения) коррелировал с количеством матричной РНК окситоцина в гипоталамических ядрах и количеством рецепторов в миндалевидном теле мозга. Инъекции гормона вызывали снижение агрессии, причем у более агрессивных особей эффект проявлялся более ярко. У крыс линии HAV (High Anxiety Behavior) (линия, склонная к высокой тревожности) снижения тревожности не наблюдалось [10]. Ряд исследований, в т. ч. и на человеке, демонстрирует индивидуальную зависимость окситоцинового действия от генетических, физиологических и ситуационных факторов [6, 7, 10].

У людей и животных исследуемый нейропептид уменьшает ответ гипоталамо-гипофизарно-адренкортикальной системы на стрессы разной этиологии [6, 13, 24]. При центральном и интраназальном введении был получен аналогичный эффект: у грызунов снижался уровень кортикостерона, у приматов – кортизола и адренкортикотропного гормона, причем про-

слеживалась зависимость от количества вводимого окситоцина. Влияние данного гормона на нейроны гипоталамуса, синтезирующие кортиколиберин, происходит с помощью гамма-аминомасляной кислоты, поскольку эта часть мозга не имеет ОР [2].

Изученные эффекты окситоцина доказывают особую роль этого древнего гормона в эволюции человечества, а также его значимость для социализации, здоровья человека и перспективность использования в современной фармакотерапии ряда патологий.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Список литературы

1. Knobloch H.S., Grinevich V. Evolution of Oxytocin Pathways in the Brain of Vertebrates // Front. Behav. Neurosci. 2014. Vol. 8, Art. № 31. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2014.00031>
2. Grinevich V., Desarménien M.G., Chini B., Tauber M., Muscatelli F. Ontogenesis of Oxytocin Pathways in the Mammalian Brain: Late Maturation and Psychosocial Disorders // Front. Neuroanat. 2014. Vol. 8, Art. № 164. <https://doi.org/10.3389/fnana.2014.00164>
3. Caldwell H.K. Oxytocin and Vasopressin: Powerful Regulators of Social Behavior // Neuroscientist. 2017. Vol. 23, № 5, P. 517–528. <https://doi.org/10.1177/1073858417708284>
4. Jurek B., Slattery D.A., Hiraoka Y., Liu Y., Nishimori K., Aguilera G., Neumann I.D., van den Burg E.H. Oxytocin Regulates Stress-Induced Crf Gene Transcription Through CREB-Regulated Transcription Coactivator 3 // J. Neurosci. 2015. Vol. 35, № 35, P. 12248–12260. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1345-14.2015>
5. Grinevich V., Knobloch-Bollmann H.S., Eliava M., Busnelli M., Chini B. Assembling the Puzzle: Pathways of Oxytocin Signaling in the Brain // Biol. Psychiatry. 2016. Vol. 79, № 3, P. 155–164. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2015.04.013>
6. Ясенявская А.Л., Самотруева М.А., Цибизова А.А., Мясоедов Н.Ф., Андреева Л.А. Влияние нейропептидов на психоэмоциональное состояние в условиях «социального» стресса // Человек и его здоровье. 2020. № 3. С. 37–45. <https://doi.org/10.21626/vestnik/2020-3/05>
7. Calcagnoli F., Meyer N., de Boer S.F., Althaus M., Koolhaas J.M. Chronic Enhancement of Brain Oxytocin Levels Causes Enduring Anti-Aggressive and Pro-Social Explorative Behavioral Effects in Male Rats // Horm. Behav. 2014. Vol. 65, № 4, P. 427–433. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2014.03.008>
8. Nagasawa M., Mitsui S., En S., Ohtani N., Ohta M., Sakuma Y., Onaka T., Mogi K., Kikusui T. Oxytocin-Gaze Positive Loop and the Coevolution of Human-Dog Bonds // Science. 2015. Vol. 348, № 6232, P. 333–336. <https://doi.org/10.1126/science.1261022>
9. Гербек Ю.Э., Гулевич Р.Г., Шепелева Д.В., Гриневич В.В. Окситоцин: коэволюция человека и одомашнированных животных // Вавилов. журн. генетики и селекции. 2016. Т. 20, № 2. С. 220–227. <https://doi.org/10.18699/VJ16.145>
10. Demirci E., Ozmen S., Kilic E., Oztup D.B. The Relationship Between Aggression, Empathy Skills and Serum Oxytocin Levels in Male Children and Adolescents with Attention Deficit and Hyperactivity Disorder // Behav. Pharmacol. 2016. Vol. 27, № 8, P. 681–688. <https://doi.org/10.1097/FBP.0000000000000234>
11. Alaerts K., Steyaert J., Vanaudenaerde B., Wenderoth N., Bernaerts S. Changes in Endogenous Oxytocin Levels After Intranasal Oxytocin Treatment in Adult Men with Autism: An Exploratory Study with Long-Term Follow-Up // Eur. Neuropsychopharmacol. 2021. Vol. 43, P. 147–152. <https://doi.org/10.1016/j.euroneuro.2020.11.014>
12. Giel K., Zipfel S., Hallschmid M. Oxytocin and Eating Disorders: A Narrative Review on Emerging Findings and Perspectives // Curr. Neuropharmacol. 2018. Vol. 16, № 8, P. 1111–1121. <https://doi.org/10.2174/1570159X15666171128143158>
13. Amico J.A., Mantella R.C., Vollmer R.R., Li X. Anxiety and Stress Responses in Female Oxytocin Deficient Mice // J. Neuroendocrinol. 2004. Vol. 16, № 4, P. 319–324. <https://doi.org/10.1111/j.0953-8194.2004.01161.x>

14. Bartz J.A., Nitschke J.P., Krol S.A., Tellier P.-P. Oxytocin Selectively Improves Empathic Accuracy: A Replication in Men and Novel Insights in Women // *Biol. Psychiatry Cogn. Neurosci. Neuroimaging*. 2019. Vol. 4, № 12. P. 1042–1048. <https://doi.org/10.1016/j.bpsc.2019.01.014>
15. Kerem L., Lawson E.A. The Effects of Oxytocin on Appetite Regulation, Food Intake and Metabolism in Humans // *Int. J. Mol. Sci.* 2021. Vol. 22, № 14. Art. № 7737. <https://doi.org/10.3390/ijms22147737>
16. Ong Z.Y., Alhadeff A.L., Grill H.J. Medial Nucleus Tractus Solitarius Oxytocin Receptor Signaling and Food Intake Control: The Role of Gastrointestinal Satiation Signal Processing // *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 2015. Vol. 308, № 9. P. R800–R806. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00534.2014>
17. Roberts Z.S., Wolden-Hanson T., Matsen M.E., Ryu V., Vaughan C.H., Graham J.L., Havel P.J., Chukri D.W., Schwartz M.W., Morton G.J., Blevins J.E. Chronic Hindbrain Administration of Oxytocin Is Sufficient to Elicit Weight Loss in Diet-Induced Obese Rats // *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 2017. Vol. 313, № 4. P. R357–R371. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00169.2017>
18. Niu J., Tong J., Blevins J.E. Oxytocin as an Anti-Obesity Treatment // *Front. Neurosci.* 2021. Vol. 15. Art. № 743546. <https://doi.org/10.3389/fnins.2021.743546>
19. Elabd C., Cousin W., Upadhyayula P., Chen R.Y., Chooljian M.S., Li J., Kung S., Jiang K.P., Conboy I.M. Oxytocin Is an Age-Specific Circulating Hormone That Is Necessary for Muscle Maintenance and Regeneration // *Nat. Commun.* 2014. Vol. 5. Art. № 4082. <https://doi.org/10.1038/ncomms5082>
20. McCormack S.E., Blevins J.E., Lawson E.A. Metabolic Effects of Oxytocin // *Endocr. Rev.* 2020. Vol. 41, № 2. P. 121–145. <https://doi.org/10.1210/endrev/bnz012>
21. Carmassi C., Marazziti D., Mucci F., Vecchia A.D., Barberi F.M., Baroni S., Giannaccini G., Palego L., Massimetti G., Dell'Osso L. Decreased Plasma Oxytocin Levels in Patients with PTSD // *Front. Psychol.* 2021. Vol. 12. Art. № 612338. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.612338>
22. Bukovskaya O., Shmukler A. Oxytocin and Social Cognitions in Schizophrenia: A Systematic Review // *Psychiatr. Q.* 2016. Vol. 87, № 3. P. 521–543. <https://doi.org/10.1007/s11126-015-9407-x>
23. Lee H., Jang M., Noh J. Oxytocin Attenuates Aversive Response to Nicotine and Anxiety-Like Behavior in Adolescent Rats // *Neurosci. Res.* 2017. Vol. 115. P. 29–36. <https://doi.org/10.1016/j.neures.2016.11.007>
24. Lehner M., Skórzewska A., Wisłowska-Stanek A. Sex-Related Predisposition to Post-Traumatic Stress Disorder Development – the Role of Neuropeptides // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2021. Vol. 19, № 1. Art. № 314. <https://doi.org/10.3390/ijerph19010314>
25. Froemke R.C., Young L.J. Oxytocin, Neural Plasticity, and Social Behavior // *Annu. Rev. Neurosci.* 2021. Vol. 44. P. 359–381. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-102320-102847>
26. Marsh N., Marsh A.A., Lee M.R., Hurlmann R. Oxytocin and the Neurobiology of Prosocial Behavior // *Neuroscientist.* 2021. Vol. 27, № 6. P. 604–619. <https://doi.org/10.1177/1073858420960111>
27. Vannucchi G., Masi G., Toni C., Dell'Osso L., Marazziti D., Perugi G. Clinical Features, Developmental Course, and Psychiatric Comorbidity of Adult Autism Spectrum Disorders // *CNS Spectr.* 2014. Vol. 19, № 2. P. 157–164. <https://doi.org/10.1017/S1092852913000941>
28. Aoki Y., Yahata N., Watanabe T., Takano Y., Kawakubo Y., Kuwabara H., Iwashiro N., Natsubori T., Inoue H., Suga M., Takao H., Sasaki H., Gono W., Kunimatsu A., Kasai K., Yamasue H. Oxytocin Improves Behavioural and Neural Deficits in Inferring Others' Social Emotions in Autism // *Brain.* 2014. Vol. 137, № 11. P. 3073–3086. <https://doi.org/10.1093/brain/awu231>
29. Aydogan G., Jobst A., Loy F., Dehning S., Zill P., Müller N., Kocher M. The Effect of Oxytocin on Group Formation and Strategic Thinking in Men // *Horm. Behav.* 2018. Vol. 100. P. 100–106. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2018.02.003>

References

1. Knobloch H.S., Grinevich V. Evolution of Oxytocin Pathways in the Brain of Vertebrates. *Front. Behav. Neurosci.*, 2014, vol. 8, Art. no. 31. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2014.00031>
2. Grinevich V., Desarménien M.G., Chini B., Tauber M., Muscatelli F. Ontogenesis of Oxytocin Pathways in the Mammalian Brain: Late Maturation and Psychosocial Disorders. *Front. Neuroanat.*, 2014, vol. 8. Art. no. 164. <https://doi.org/10.3389/fnana.2014.00164>

3. Caldwell H.K. Oxytocin and Vasopressin: Powerful Regulators of Social Behavior. *Neuroscientist*, 2017, vol. 23, no. 5, pp. 517–528. <https://doi.org/10.1177/1073858417708284>
4. Jurek B., Slattery D.A., Hiraoka Y., Liu Y., Nishimori K., Aguilera G., Neumann I.D., van den Burg E.H. Oxytocin Regulates Stress-Induced *Crf* Gene Transcription Through CREB-Regulated Transcription Coactivator 3. *J. Neurosci.*, 2015, vol. 35, no. 35, pp. 12248–12260. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1345-14.2015>
5. Grinevich V., Knobloch-Bollmann H.S., Eliava M., Busnelli M., Chini B. Assembling the Puzzle: Pathways of Oxytocin Signaling in the Brain. *Biol. Psychiatry*, 2016, vol. 79, no. 3, pp. 155–164. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2015.04.013>
6. Yasenyavskaya A.L., Samotruieva M.A., Tsibizova A.A., Myasoedov N.F., Andreeva L.A. Influence of Neuropeptides on Psychoemotional State Under Conditions of “Social” Stress. *Kursk Sci. Pract. Bull. Man His Health*, 2020, no. 3, pp. 37–45 (in Russ.). <https://doi.org/10.21626/vestnik/2020-3/05>
7. Calcagnoli F., Meyer N., de Boer S.F., Althaus M., Koolhaas J.M. Chronic Enhancement of Brain Oxytocin Levels Causes Enduring Anti-Aggressive and Pro-Social Explorative Behavioral Effects in Male Rats. *Horm. Behav.*, 2014, vol. 65, no. 4, pp. 427–433. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2014.03.008>
8. Nagasawa M., Mitsui S., En S., Ohtani N., Ohta M., Sakuma Y., Onaka T., Mogi K., Kikusui T. Oxytocin-Gaze Positive Loop and the Coevolution of Human-Dog Bonds. *Science*, 2015, vol. 348, no. 6232, pp. 333–336. <https://doi.org/10.1126/science.1261022>
9. Herbeck Yu.E., Gulevich R.G., Shepeleva D.V., Grinevich V.V. Oxytocin: Co-Evolution of Human and Domesticated Animals. *Vavilov J. Genet. Breed.*, 2016, vol. 20, no. 2, pp. 220–227 (in Russ.). <https://doi.org/10.18699/VJ16.145>
10. Demirci E., Ozmen S., Kilic E., Oztup D.B. The Relationship Between Aggression, Empathy Skills and Serum Oxytocin Levels in Male Children and Adolescents with Attention Deficit and Hyperactivity Disorder. *Behav. Pharmacol.*, 2016, vol. 27, no. 8, pp. 681–688. <https://doi.org/10.1097/FBP.0000000000000234>
11. Alaerts K., Steyaert J., Vanaudenaerde B., Wenderoth N., Bernaerts S. Changes in Endogenous Oxytocin Levels After Intranasal Oxytocin Treatment in Adult Men with Autism: An Exploratory Study with Long-Term Follow-Up. *Eur. Neuropsychopharmacol.*, 2021, vol. 43, pp. 147–152. <https://doi.org/10.1016/j.euroneuro.2020.11.014>
12. Giel K., Zipfel S., Hallschmid M. Oxytocin and Eating Disorders: A Narrative Review on Emerging Findings and Perspectives. *Curr. Neuropsychopharmacol.*, 2018, vol. 16, no. 8, pp. 1111–1121. <https://doi.org/10.2174/1570159X15666171128143158>
13. Amico J.A., Mantella R.C., Vollmer R.R., Li X. Anxiety and Stress Responses in Female Oxytocin Deficient Mice. *J. Neuroendocrinol.*, 2004, vol. 16, no. 4, pp. 319–324. <https://doi.org/10.1111/j.0953-8194.2004.01161.x>
14. Bartz J.A., Nitschke J.P., Krol S.A., Tellier P.-P. Oxytocin Selectively Improves Empathic Accuracy: A Replication in Men and Novel Insights in Women. *Biol. Psychiatry Cogn. Neurosci. Neuroimaging*, 2019, vol. 4, no. 12, pp. 1042–1048. <https://doi.org/10.1016/j.bpsc.2019.01.014>
15. Kerem L., Lawson E.A. The Effects of Oxytocin on Appetite Regulation, Food Intake and Metabolism in Humans. *Int. J. Mol. Sci.*, 2021, vol. 22, no. 14, Art. no. 7737. <https://doi.org/10.3390/ijms22147737>
16. Ong Z.Y., Alhadeff A.L., Grill H.J. Medial Nucleus Tractus Solitarius Oxytocin Receptor Signaling and Food Intake Control: The Role of Gastrointestinal Satiation Signal Processing. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.*, 2015, vol. 308, no. 9, pp. R800–R806. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00534.2014>
17. Roberts Z.S., Wolden-Hanson T., Matsen M.E., Ryu V., Vaughan C.H., Graham J.L., Havel P.J., Chukri D.W., Schwartz M.W., Morton G.J., Blevins J.E. Chronic Hindbrain Administration of Oxytocin Is Sufficient to Elicit Weight Loss in Diet-Induced Obese Rats. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.*, 2017, vol. 313, no. 4, pp. R357–R371. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00169.2017>
18. Niu J., Tong J., Blevins J.E. Oxytocin as an Anti-Obesity Treatment. *Front. Neurosci.*, 2021, vol. 15, Art. no. 743546. <https://doi.org/10.3389/fnins.2021.743546>
19. Elabd C., Cousin W., Upadhyayula P., Chen R.Y., Chooljian M.S., Li J., Kung S., Jiang K.P., Conboy I.M. Oxytocin Is an Age-Specific Circulating Hormone That Is Necessary for Muscle Maintenance and Regeneration. *Nat. Commun.*, 2014, vol. 5, Art. no. 4082. <https://doi.org/10.1038/ncomms5082>
20. McCormack S.E., Blevins J.E., Lawson E.A. Metabolic Effects of Oxytocin. *Endocr. Rev.*, 2020, vol. 41, no. 2, pp. 121–145. <https://doi.org/10.1210/endrev/bnz012>

21. Carmassi C., Marazziti D., Mucci F., Vecchia A.D., Barberi F.M., Baroni S., Giannaccini G., Palego L., Massimetti G., Dell'Osso L. Decreased Plasma Oxytocin Levels in Patients with PTSD. *Front. Psychol.*, 2021, vol. 12. Art. no. 612338. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.612338>
22. Bukovskaya O., Shmukler A. Oxytocin and Social Cognitions in Schizophrenia: A Systematic Review. *Psychiatr. Q.*, 2016, vol. 87, no. 3, pp. 521–543. <https://doi.org/10.1007/s11126-015-9407-x>
23. Lee H., Jang M., Noh J. Oxytocin Attenuates Aversive Response to Nicotine and Anxiety-Like Behavior in Adolescent Rats. *Neurosci. Res.*, 2017, vol. 115, pp. 29–36. <https://doi.org/10.1016/j.neures.2016.11.007>
24. Lehner M., Skórzewska A., Wisłowska-Stanek A. Sex-Related Predisposition to Post-Traumatic Stress Disorder Development – the Role of Neuropeptides. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2022, vol. 19, no. 1. Art. no. 314. <https://doi.org/10.3390/ijerph19010314>
25. Froemke R.C., Young L.J. Oxytocin, Neural Plasticity, and Social Behavior. *Annu. Rev. Neurosci.*, 2021, vol. 44, pp. 359–381. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-102320-102847>
26. Marsh N., Marsh A.A., Lee M.R., Hurlemann R. Oxytocin and the Neurobiology of Prosocial Behavior. *Neuroscientist*, 2021, vol. 27, no. 6, pp. 604–619. <https://doi.org/10.1177/1073858420960111>
27. Vannucchi G., Masi G., Toni C., Dell'Osso L., Marazziti D., Perugi G. Clinical Features, Developmental Course, and Psychiatric Comorbidity of Adult Autism Spectrum Disorders. *CNS Spectr.*, 2014, vol. 19, no. 2, pp. 157–164. <https://doi.org/10.1017/S1092852913000941>
28. Aoki Y., Yahata N., Watanabe T., Takano Y., Kawakubo Y., Kuwabara H., Iwashiro N., Natsubori T., Inoue H., Suga M., Takao H., Sasaki H., Gonoï W., Kunimatsu A., Kasai K., Yamasue H. Oxytocin Improves Behavioural and Neural Deficits in Inferring Others' Social Emotions in Autism. *Brain*, 2014, vol. 137, no. 11, pp. 3073–3086. <https://doi.org/10.1093/brain/awu231>
29. Aydogan G., Jobst A., Loy F., Dehning S., Zill P., Müller N., Kocher M. The Effect of Oxytocin on Group Formation and Strategic Thinking in Men. *Horm. Behav.*, 2018, vol. 100, pp. 100–106. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2018.02.003>

Поступила в редакцию 15.03.2024 / Одобрена после рецензирования 26.06.2024 / Принята к публикации 01.09.2024.
Submitted 15 March 2024 / Approved after reviewing 26 June 2024 / Accepted for publication 1 September 2024.