

УДК 618.1:612.01

## ЭКОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ФОТОПЕРИОДА В АКТИВНОСТИ ЖЕНСКОЙ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ В ХОДЕ ОНТОГЕНЕЗА

<sup>1</sup>Алтайский государственный медицинский университет, г. Барнаул

<sup>2</sup>Алтайский государственный университет, г. Барнаул

Мальцева А.Е.<sup>1</sup>, Федорова О.И.<sup>2</sup>

*В данной работе систематизированы данные литературных источников и представлены результаты собственного исследования о роли фотопериода в женской репродуктивной системе.*

*Цель работы: проанализировать и обобщить данные литературных источников и собственного исследования для выявления экофизиологической роли фотопериода в активности репродуктивной системы женского организма в разные периоды онтогенеза. Выявлено, что роль фотопериода в онтогенезе женского организма в репродуктивной системе заключается в выработке фото-зависимого гормона эпифиза – мелатонина, который оказывает влияние на менструальный цикл и способность к зачатию. Показано, что максимум зачатий наблюдается в апреле, а минимум – в феврале, что объясняется сезонностью фотопериодических явлений и выработкой мелатонина, осуществляющего контроль за активностью репродуктивной системы.*

**Ключевые слова:** фотопериод, мелатонин, хронопериодическая система, онтогенез, зачатие, репродуктивная система.

*This paper systematizes the data of literary sources and presents the results of own research on the role of photoperiod in the female reproductive system.*

*Objective: to analyze and summarize the data of literary sources and own research to identify the ecophysiological role of photoperiod in the activity of the reproductive system of the female organism at different periods of ontogenesis. It is revealed that the role of photoperiod in the reproductive system in ontogenesis of the female organism consists in the production of photo-dependent hormone epiphysis: melatonin, which has an effect on the menstrual cycle and the ability to conceive. It is shown that the maximum of conception is observed in April and the minimum in February, which is due to the seasonality of photoperiodical phenomena and the production of melatonin, which controls the activity of the reproductive system.*

**Keywords:** photoperiod, melatonin, chronoperiodic system, ontogenesis, conception, reproductive system.

Окружающая среда, в которой находятся живые организмы, подвластна глубоким изменениям практически всех геофизических параметров: длительности и интенсивности освещения, температуры, атмосферного давления и влажности, геомагнитного поля, электромагнитных колебаний в атмосфере, градиента электрического потенциала, электропроводности и ионизации воздуха, скорости движения воздуха [1]. Такие изменения имеют более или менее ритмичный в течение суток характер, связанный с непрерывным вращением Земли в космическом пространстве вокруг своей оси (циркадные ритмы). Наклон земной оси к плоскости вращения Земли вокруг Солнца приводит к возникновению в течение года сезонной компоненты периодичности геофизических изменений. Среди геофизических параметров наибольшую четкость и астрономическую закономерность на поверхности Земли проявляет ритм освещенности.

Хронопериодическая система, располагаясь на всех уровнях организации живого организма, генерирует колебания собственной активности с частотами, приближенными к частотам основных внешних геофизических циклов (су-

точных, месячных, годовых), и способна захватывать внешние времязадатели, таким образом, синхронизировать свою активность с внешними ритмичными изменениями. Главной функцией хронопериодической системы является синхронизация врожденных периодических программ между собой внутри организма и с внешними периодическими изменениями [2].

Для синхронизации собственных ритмов с внешними периодическими изменениями хронопериодическая система организма должна ориентироваться на какие-то из этих изменений, воспринимать их, «захватывать» их ритм собственными осцилляторами. Такие внешние периодические изменения, способные оказывать влияние на эндогенные ритмы организма, получили название «времязадатели».

Основным времязадателем (датчиком времени или внешним синхронизирующим фактором) является фотопериод, т.е. суточная (или сезонная) продолжительность света и темноты, или длина суточной освещенности. Он является самым стабильным и надежным из всех параметров среды, самым устойчивым к воздействию помех, полностью совпадает с главным внешним периодическим фактором – вра-

щением Земли, а также обособлен во времени от тех «существенных» для организма факторов (величина суточной температуры, количество доступной пищи), которые непосредственно определяют выживание как отдельных индивидов, так и вида в целом. То есть фотопериод в данном случае является «упреждающим» (предикативным) фактором для хронопериодической системы организма [3].

Среди регулируемых фотопериодом ритмов, наше внимание сосредоточилось на ритмах активности репродуктивной системы как обеспечивающей продолжение вида. По выраженности фотопериодических изменений в репродуктивной системе животных делят на «фотопериодических», имеющих ярко выраженные сезонные изменения половых функций, и «нефотопериодических», которые не имеют таких изменений и размножаются круглый год [4]. У человека также наблюдается достаточно четкий сезонный подъем половой активности, хотя эти данные о сезонной ритмичности у людей остаются противоречивыми. В связи с этим была определена цель нашего исследования.

Цель работы: проанализировать и обобщить данные литературных источников и собственного исследования для выявления экофизиологической роли фотопериода в активности репродуктивной системы женского организма в разные периоды онтогенеза.

### Материалы и методы

В ходе исследования анализу подвергались данные о количестве рожденных детей в стационаре роддома города Барнаула за период 1 года. В выборку были включены женщины, по данным медицинских карт, имеющие нормальную одноплодную физиологическую беременность, завершившуюся родоразрешением через естественные родовые пути. Размер выборки практической части исследования составил 2150 новорожденных обоего пола. В ходе анализа учитывалось ежесуточное количество рожденных детей, на основании чего были рассчитаны предполагаемые даты зачатия по формуле Негеле.

Для статистической обработки результатов и построения диаграмм использовался программный пакет LibreOffice Calc.

### Результаты и обсуждение

Согласно плану, на первом этапе происходили сбор и анализ литературных источников, в ходе которого были выявлены следующие закономерности.

Фотопериод влияет на функционирование шишковидной железы – эпифиза. Информация об интенсивности освещения достигает этого органа не непосредственно, а опосредованно, через сетчатку глаза, ретино-гипоталамический

тракт, супрахиазматические ядра гипоталамуса, латеральные интермедиальные ядра спинного мозга и симпатические нейроны верхнего шейного ганглия. Таким образом, световая информация, воспринимаемая фоторецепторами сетчатки, посредством пигмента меланопсина, по нейронам супрахиазматических ядер передается к шишковидной железе. В темноте сигналы от супрахиазматических ядер усиливают синтез и высвобождение норадреналина из симпатических окончаний. В свою очередь, этот нейромедиатор возбуждает рецепторы на поверхности клеток эпифиза, тем самым стимулируется синтез основного гормона – мелатонина.

Репродуктивная система женщины, хотя и обладает собственными ритмами, зависит от ритмов нейроэндокринной системы, которые совпадают с ритмами окружающей среды. Мелатонин как центрального, так и периферического происхождения обеспечивает связь и синхронность этих ритмов [5].

Долгое время считалось, что мелатонин вырабатывается только в эпифизе. Впервые был обнаружен в 1958 году. Он является основным регулятором биологических ритмов в организме человека [6] и представляет собой 5-метокси-N-ацетилированный дериват серотонина (N-ацетил-метокситриптамин), а ключевыми ферментами его синтеза являются N-ацилтрансфераза и гидроксиндол-O-метилтрансфераза.

Концентрация мелатонина в разных частях клеток различна. Более того, 24-часовой ритм мелатонина в тканях отличается от эпифизарного ритма. Исследователи доказали, что мелатонин синтезируется дыхательным эпителием, кожей, кишечником, печенью, почками, щитовидной железой, тимусом, селезенкой, клетками иммунной системы и эндотелием. Почти во всех этих тканях обнаружены ферменты, отвечающие за его синтез [7].

Сегодня ученые предполагают, что все клетки организма способны производить мелатонин. Вероятнее всего, он синтезируется в митохондриях, но не как системный регулятор, а как локальный антиоксидант.

Особое место занимает мелатонин в различных тканях репродуктивной системы. Мелатонин играет особую роль в созревании фолликула и овуляции. Концентрация мелатонина в фолликуле кратно превышает концентрацию в крови. Фолликул либо накапливает мелатонин вопреки градиенту концентрации, либо сам синтезирует его. Как известно, периферические ткани препятствуют выходу мелатонина в системный кровоток, то есть синтезируют его для собственных нужд.

Мелатонин модулирует синтез прогестерона после овуляции. Разрыв стенки фолликула

представляет собой локальную воспалительную реакцию. Для ее осуществления требуются высокий уровень простагландинов и цитокинов, активная работа протеолитических ферментов. Все это закономерно сопровождается усилением клеточного дыхания и повышением концентрации свободных радикалов за счет работы макрофагов и нейтрофилов. Благодаря совокупности данных реакций, ооцит получает возможность вырваться из фолликула [8]. Но чтобы сохранить генетический материал ооцита и защитить его от свободных радикалов в условиях реализации воспалительной реакции, необходимы слаженная работа антиоксидантной системы и наличие мелатонина [5]. Было выявлено, что мелатонин способствует задержке спонтанного открытия влагалища, уменьшению объема яичников, снижению частоты фаз эстрального цикла, а также определяет ритмичность гонадотропных эффектов, в том числе продолжительность менструального цикла у женщин [9].

Очень важным свойством мелатонина является его влияние на процессы деления клеток. В ходе работ других авторов были получены данные, что мелатонин может ингибировать рост клеток, зависящих от половых стероидных гормонов [6].

В исследованиях последних лет убедительно показано, что эпифиз посредством мелатонина играет ключевую роль в регулировании содержания половых гормонов, полового созревания, синхронизации овуляции и стероидогенеза в гонадах.

В ходе онтогенеза количество мелатонина изменяется. Изменения в образовании мелатонина в течение жизни совпадают со стадиями развития организма, связаны с ними и оказывают непосредственное влияние на физиологические процессы. Зародыши и новорожденные сами не образуют мелатонин, они пользуются материнским, поступающим через плаценту, а потом – с молоком матери. Секретция гормона начинается на третьем месяце развития ребенка, и его концентрация достигает максимума в первые годы жизни (не позднее 5 лет). До наступления половой зрелости синтез мелатонина остается на постоянном и высоком уровне, затем его количество резко снижается и продолжает уменьшаться еще 5 лет. После этого изменений в образовании мелатонина не происходит до 40–45 лет, а затем его количество начинает неуклонно снижаться, что совпадает по времени с наступлением менопаузы, и этот процесс продолжается до конца жизни человека.

По данным ряда исследователей, циркадные ритмы синтеза мелатонина хорошо прослеживаются в более молодой возрастной группе (18–54 года) и не обнаруживаются в группе практически здоровых людей в возрасте 55–92

лет. У людей в возрасте 53–65 лет ночной пик секреции мелатонина приходится на более ранние часы (3 часа 48 минут) по сравнению с более молодыми (в возрасте 20–30 лет – на 4 часа 47 минут) [9].

У женщин, достигших половой зрелости, вплоть до периода пременопаузы утренние концентрации мелатонина значительно ниже в лютеальную фазу менструального цикла. Поздняя стадия фазы желтого тела обычно наступает на 24–28-й день менструального цикла и сопровождается предменструальным напряжением. Именно в этот период у женщин наблюдаются нарушения сна, собственно связанные с менструальным циклом. Установлено, что у 10% женщин фертильного возраста наступление менструального цикла сопровождается изменениями настроения, инсомнией, нарушением аппетита, снижением работоспособности. Имеются многочисленные данные, свидетельствующие о наличии взаимосвязи между снижением синтеза мелатонина и наступлением менопаузы.

Существуют сезонные ритмы колебания уровня мелатонина. Уровень мелатонина в крови у человека минимален в период с мая по июль, то есть в период максимальной продолжительности светового дня и освещенности. В мае также максимального значения достигает амплитуда между минимальным (дневным) и максимальным (ночным) уровнями мелатонина в течение суток. Длительность ночного подъема уровня мелатонина больше в зимний период, чем летом, что является сигналом для снижения активности гипоталамического генератора секреции GnRH. Эти изменения приводят к снижению способности к зачатию в зимние месяцы.

Активность репродуктивной системы человека характеризуют сроки зачатия детей. В связи с этим был произведен анализ данных о количестве рожденных младенцев роддома № 2 города Барнаула за период одного календарного года. Согласно формуле Негеле, были рассчитаны предполагаемые даты зачатия путем прибавления к дате рождения трех месяцев. Результаты представлены на рисунках 1, 2.

Как следует из рисунка 1, распределение количества деторождений выглядит как кривая, с максимумом рождений в январе и минимумом соответственно в октябре.

Распределение количества предполагаемых зачатий по календарному году (рисунок 2) демонстрирует максимум зачатий в апреле, а минимум – в феврале. Подобное распределение объясняется сезонностью фотопериодических явлений и выработкой мелатонина, осуществляющего контроль за активностью репродуктивной системы. Незначительные расхождения с авторами других исследований можно объяс-

нить климатическими особенностями региона, на территории которого проводилось исследование (в условиях Сибири, апрель является месяцем установления положительных темпе-

ратур в течение суток и пр., что провоцирует гормональные перестройки в женском организме, влияя и на выработку мелатонина).

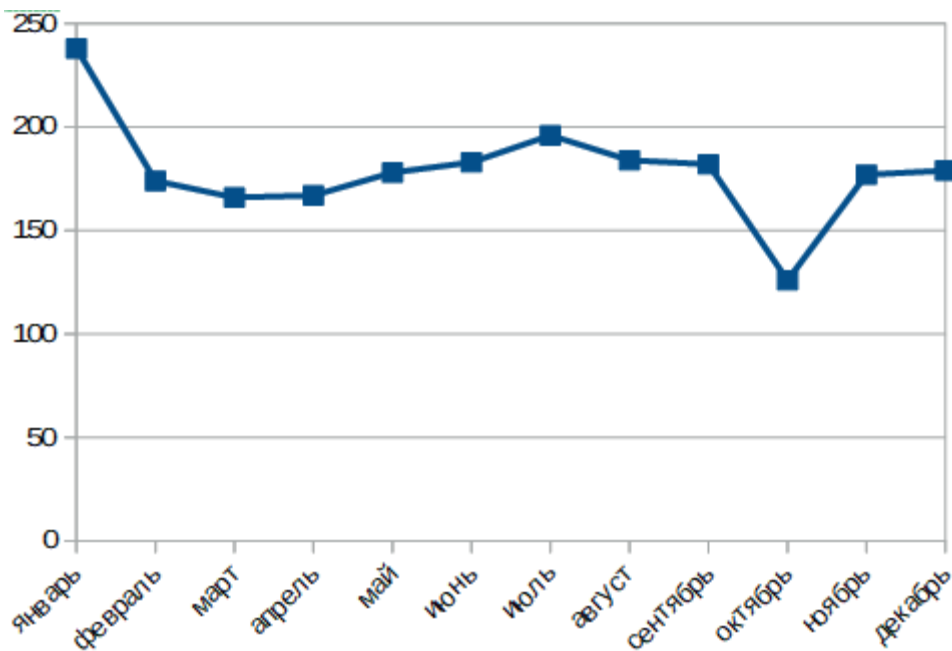


Рисунок 1 – Распределение количества рожденных детей по месяцам года.

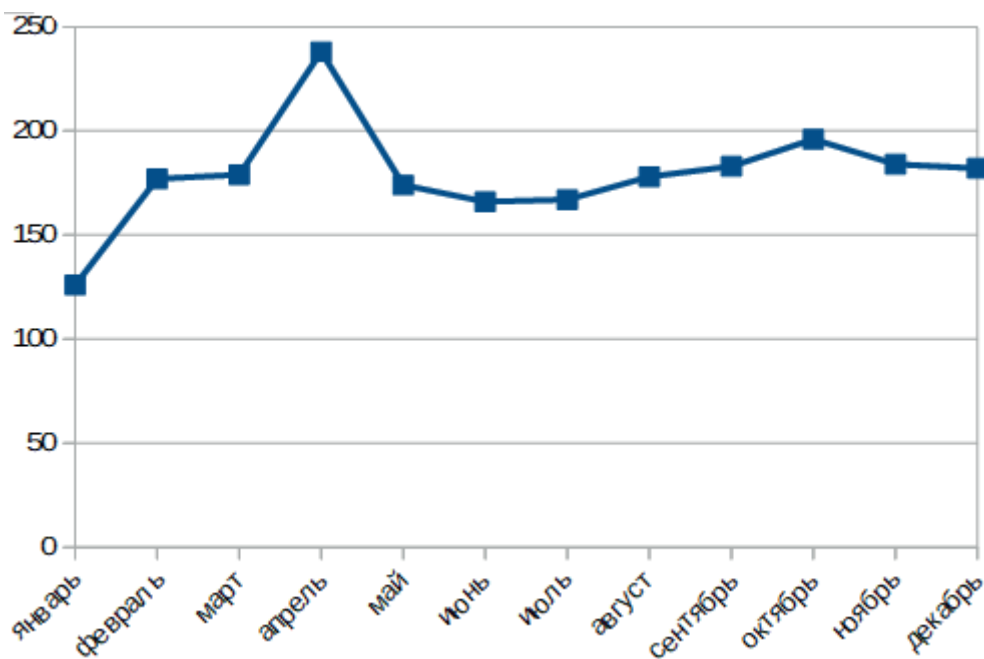


Рисунок 2 – Распределение количества предполагаемых зачатий по месяцам года.

### Заключение

Экофизиологическая роль фотопериода в онтогенезе женского организма в репродуктивной системе заключается в выработке фото-зависимого гормона эпифиза – мелатонина, который оказывает влияние на менструальный цикл и способность к зачатию. Повышение концентрации мелатонина наблюдается в крови

в темное время суток, снижается при увеличении периода освещенности и носит сезонный характер. При изучении активности репродуктивной системы человека, характеризующейся сроками зачатия детей, было выявлено: максимум зачатий наблюдается в апреле, а минимум – в феврале, что объясняется сезонностью фотопериодических явлений и выработкой мелато-

нина, осуществляющего контроль за активностью репродуктивной системы.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Список литературы:

1. Пишак В.П. Фотопериодизм и функционирование репродуктивной системы у млекопитающих и человека. *Международный эндокринологический журнал*. 2013; 2 (50): 77-80.
2. Заморский И.И. Фотопериод как основной временной интегратор физиологических систем. *Современные вопросы биомедицины (Modern issues of biomedicine)*. 2018; 2(3).
3. Ferrazzi E., Romualdi C., Ocello M., Frighetto G., Turco M., Vigolo S., Fabris F., Angeli P., Vettore G., Costa R., Montagnese S. Changes in accident & emergency visits and return visits in relation to the enforcement of daylight saving time and photoperiod. *J. Biol. Rhythms*. 2018: 748730418791097. DOI: 10.1177/0748730418791097.
4. Korf H.W. Signaling pathways to and from the hypothalamic pars tuberalis, an important center for the control of seasonal rhythms. *Gen. Comp. Endocrinol.* 2018; 258: 236–243.
5. Бурчаков Д.И. Мелатонин – адаптоген женской репродуктивной системы. *Эффективная фармакотерапия*. 2015; 5: 14-18.
6. Качурина М.С., Зайнетдинова Л.Ф., Куренков Е.Л. Влияние мелатонина на процессы клеточного обновления при генитальном эндо-

метриозе. *Современные проблемы науки и образования*. 2018;2.

7. Acuña-Castroviejo D., Escames G., Venegas C. et al. Extrapineal melatonin: sources, regulation, and potential functions. *Cell. Mol. Life Sci.* 2014; 71(16): 2997–3025.

8. Cruz M.H., Leal C.L., Cruz J.F. et al. Essential actions of melatonin in protecting the ovary from oxidative damage. *Theriogenology*. 2014; 82(7): 925–932.

9. Анисимов В.Н., Виноградова И.А. *Старение женской репродуктивной системы и мелатонин*. Санкт-Петербург: Система; 2008: 44.

#### Контактные данные

Автор, ответственный за переписку: Мальцева Анастасия Евгеньевна, старший преподаватель кафедры биологии, гистологии, эмбриологии и цитологии Алтайского государственного медицинского университета, г. Барнаул.

656031, г. Барнаул, ул. Папанинцев, 126.

Тел.: +79237905263.

E-mail: Mungus10@mail.ru

#### Информация об авторах

Федорова Ольга Игоревна, д.б.н., доцент, профессор кафедры зоологии и физиологии Алтайского государственного университета, г. Барнаул.

656049, г. Барнаул, пр. Ленина, 61.

Тел.: (3852) 243753.

E-mail: oifedorova50@mail.ru