

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-1-100-107

УДК 616.591:576.3

УЛЬТРАСТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СЕБОЦИТОВ КОЖИ КРЫС ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ХРОНОДЕСТРУКЦИИ

*Соболевская И.С., *Мяделец О.Д., **Островская О.Б., *Соболевский С.Л.

*Учреждение образования «Витебский государственный медицинский университет»,
г. Витебск, Республика Беларусь**Учреждение образования «Гродненский государственный медицинский университет»,
г. Гродно, Республика Беларусь

Цель исследования – изучить ультраструктурные изменения себоцитов кожи крыс при экспериментальной хронодеструкции. В экспериментах были использованы 22 белые беспородные крысы-самцы с массой тела 170-220 г. Подопытные животные в соответствии со схемой эксперимента случайным образом были разделены на 3 группы: группа 1 – интактная (n=8) – животные, находящиеся в условиях стандартного фиксированного освещения (12 ч свет/12 ч темнота); группа 2 (n=8) – животные с моделированием световой депривации в условиях круглосуточной темноты (24 ч темнота) на протяжении 21 суток; группа 3 (n=6) – животные с моделированием темновой депривации в условиях круглосуточного освещения (24 ч свет) на протяжении 21 суток. Для морфометрической оценки в каждом препарате анализировали 30 непересекающихся полей зрения при увеличении 100 000. Производили подсчет количества митохондрий и лизосом в пересчете на 100 мкм² площади цитоплазмы клеток определенного морфологического типа. С помощью прикладной программы ImageScopeM определяли среднюю площадь сечения митохондрий (мкм²) и среднюю относительную электронную плотность их матрикса.

*При хронодеструкции отмечаются существенные ультраструктурные изменения в себоцитах, которые свидетельствуют об изменении функциональной активности клеток. При темновой депривации происходит возрастание функциональной активности себоцитов, а это, в свою очередь, приводит к существенному изменению их секреторной активности. Вместе с тем, световая депривация приводит к возрастанию пролиферативной активности в сальной железе с одновременным изменением химического состава себума (полиморфизм гранул). **Ключевые слова:** кожа, сальная железа, митохондрия, крыса, хронодеструкция.*

ULTRASTRUCTURAL CHANGES IN RATS SKIN SEBOCYTES DURING EXPERIMENTAL CHRONODESTRUCTION

*Sobolevskaya I.S., *Myadelets O.D., **Ostrovskaya O.B., *Sobolevsky S.L.

*Vitebsk State Medical University, Vitebsk, Republic of Belarus

**Grodno State Medical University, Grodno, Republic of Belarus

Purpose of the study ultrastructural changes in rat skin sebocytes during experimental chronodestruction. In the experiments, 22 white outbred male rats with a body weight of 170-220 g were used. The experimental animals, in accordance with the experimental design, were randomly divided into 3 groups: group 1 - intact (n = 8) - animals under standard fixed conditions lighting (12 hours light/12 hours dark); group 2 (n=8) – animals with simulated light deprivation in conditions of round-the-clock darkness (24-hour darkness) for 21 days; group 3 (n=6) – animals with simulated dark deprivation under conditions of round-the-clock lighting (24 hours light) for 21 days. For morphometric assessment, 30 non-overlapping fields of view were analyzed in each preparation at a magnification of 100,000. The number of mitochondria and lysosomes was calculated per 100 μm² area of the cytoplasm of cells of a certain morphological type. Using the ImageScopeM application program, the average cross-sectional area of mitochondria (μm²) and the average relative electron density of their matrix were determined.

*During chronodestruction, significant ultrastructural changes are observed in sebocytes, which indicate a change in the functional activity of the cells. During dark deprivation, the functional activity of sebocytes increases, and this, in turn, leads to a significant change in their secretory activity. At the same time, light deprivation leads to an increase in proliferative activity in the sebaceous gland with a simultaneous change in the chemical composition of sebum (polymorphism of granules). **Keywords:** skin, sebaceous gland, mitochondria, rat, chronodestruction.*

Введение. Кожа - самый крупный орган, которому принадлежит ведущая роль в регуляции гомеостаза всего организма. В результате постоянного воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды общий покров приобрел автономную систему саморегуляции. Особую роль в поддержании этой системы играют циркадные ритмы. Поскольку они модулируют многие кожные процессы, включая иммунитет, пролиферацию клеток, метаболизм и восстановление поврежденных ДНК, вполне вероятно, что нарушение циркадной регуляции может способствовать развитию и прогрессированию кожных заболеваний [1].

Сальные железы являются важной структурной частью общего покрова. Установлено, что 90% поверхностных липидов кожи – продукт деятельности сальных желез. Липиды сальных желез, во-первых, используются как энергетический материал, играющий важную роль в дифференцировке и нормальном функционировании фолликул волос, во-вторых, участвуют в синтезе стероидных гормонов, в-третьих, препятствуют трансэпидермальной потере воды и, соответственно, увеличивают водонепроницаемость, в-четвертых, обеспечивают эластичность и упругость кожи [2, 3].

Аномальная пролиферативная и функциональная активность сальных желез может привести как к незначительным изменениям со стороны общего покрова (появлению мелких морщин, шелушению и сухости) [3], так и существенным заболеваниям (акне, розацеа, атопический кератоз, себорея и других) [2-5]. В настоящее время одной из причин развития дерматологических заболеваний, связанных с сальными железами, выступает хронодеструкция. Установлено, что все основные типы клеток кожи (кератиноциты, меланоциты, фибробласты, себоциты и др.) имеют автономную функциональную циркадную систему, которая отражает определенные периоды и фазовые соотношения в экспрессии генов и белков [6, 7]. Таким образом, любые хроносрывы, вызванные посменной работой, международными поездками, бессонницей и световым загрязнением, могут привести к неблагоприятным изменениям со стороны сальных желез.

Следовательно, экспериментальное исследование с моделированием хронодеструкции позволит установить, каким образом нарушения циркадных ритмов влияют на ультраструктурные изменения в себоцитах и способствуют изменениям их функциональной активности.

Цель – изучить ультраструктурные изменения себоцитов кожи крыс при экспериментальной хронодеструкции.

Материалы и методы исследований. В экспериментах были использованы 22 белые беспородные крысы-самцы с массой тела 170-220 г. Животные содержались в стандартных условиях вивария по 4-6 особей в клетке. Все животные находились на одинаковом оптимальном рационе питания, предусмотренном для лабораторных животных.

Подопытные животные в соответствии со схемой эксперимента случайным образом были разделены на 3 группы: группа 1 – интактная (n=8) – животные, находящиеся в условиях стандартного фиксированного освещения (12 ч свет/12 ч темнота); группа 2 (n=8) – животные с моделированием световой депривации в условиях круглосуточной темноты (24 ч темнота) на протяжении 21 суток; группа 3 (n=6) – животные с моделированием темновой депривации в условиях круглосуточного освещения (24 ч свет) на протяжении 21 суток.

Для ультраструктурных исследований забирали по 3 образца кожи межлопаточной области спины размером 0,2 см×0,2 см×0,05 см. Полученный материал фиксировали в 1% растворе тетраэроксид осмия (OsO₄) на 0.1 М буфере Миллонига (натрий фосфорнокислый, «Анализ-Х», Беларусь, NaOH, «Stanlab», Poland), pH 7,4 при 4°C в течение 2 часов. Далее гистологический материал подвергали дегидратации путем проведения через спирты восходящей концентрации и ацетон. Образцы заливали в аралдитную смолу. Из полученных блоков на ультрамикротоме Leica EM UC7 (Leica, Germany) готовили полутонкие срезы (350 нм) и окрашивали метиленовым синим («Анализ-Х», Беларусь). Препараты просматривали в световом микроскопе Leica DM LS2 (Leica, Germany) и выбирали участок для дальнейшего изучения ультраструктурных изменений. Ультратонкие срезы (35 нм) контрастировали растворами уранилацетата (Uranyl acetate, «SERVA») и цитрата свинца (нитрат свинца, «MERCK»; натрий лимоннокислый, «Анализ-Х») по E.S. Reynolds. Препараты изучали в электронном микроскопе JEM-1011 (JEOL, Japan) при увеличениях 5 000-150 000 и ускоряющем напряжении 80 кВт. Для получения и изучения снимков использовали комплекс из цифровой камеры Olympus Mega View III (Olympus, Japan) и программы iTEM (Version 5,0; Serial Number A3766900-7E852FAB) (JEOL, Japan) для обработки изображений. Все электронно-микроскопические исследования проводились на базе учреждения образования «Гродненский государственный медицинский университет» [8].

Для морфометрической оценки в каждом препарате анализировали 30 непересекающихся полей зрения при увеличении 100 000. Производили подсчет количества митохондрий и лизосом в пересчете на 100 мкм² площади цитоплазмы клеток определенного морфологического типа. С помощью прикладной программы ImageScopeM определяли среднюю площадь сечения митохондрий (мкм²) и среднюю относительную электронную плотность их матрикса. Производили 20 измерений по каждому препарату.

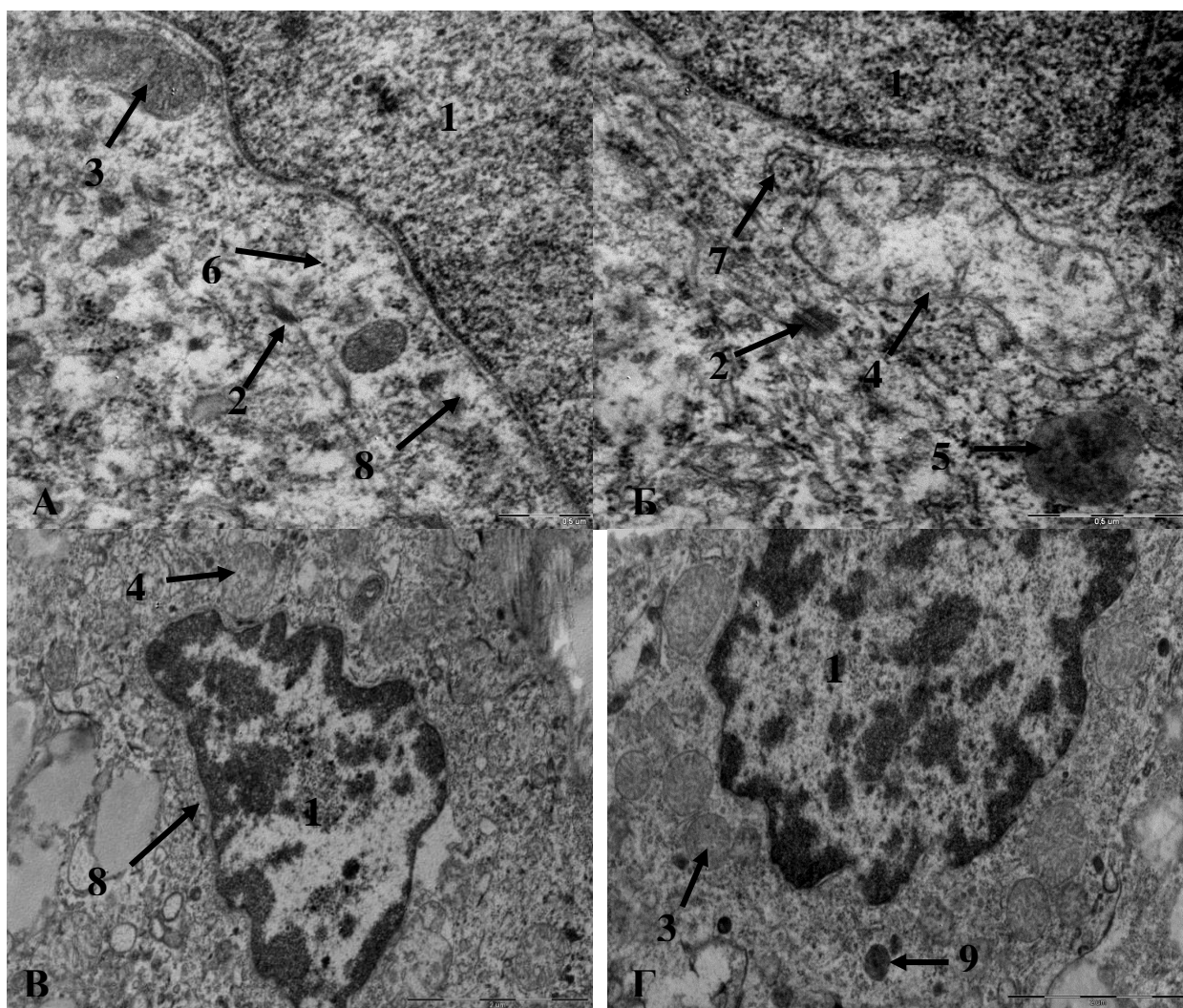
Всю статистическую обработку данных проводили с использованием методов непараметрической статистики с помощью программы «Statistica 10.0» (StatSoft inc., STA999K347156-W). Проверку статистических гипотез равенства средних генеральной совокупности проводили с помощью критериев U (Манна-Уитни), W (Уилкоксона) и H (Краскела-Уоллиса) при принятом уровне значимости $\alpha=0,05$. Результаты в тексте представляли в виде средней (M) и 95% доверительного интервала (95% CI).

Результаты исследований. Исследование сальных желез с помощью электронной микроскопии – это особенный подход к оценке их морфофункционального состояния, который позволяет выявить тонкие ультраструктурные изменения в себоцитах, которые способны отражаться на их функциональном состоянии.

На электронно-микроскопическом (как и на светооптическом) уровне выделено несколько групп себоцитов в зависимости от их ультраструктуры и регионального положения: малодифференцированные клетки, которые не содержат липидных включений; дифференцирующиеся клетки, содержащие единичные липидные включения; терминально дифференцированные клетки с большим количеством липидных капель; разрушающиеся клетки.

Во всех экспериментальных группах малодифференцированные себоциты имели продолговатую (в некоторых случаях кубическую) форму и располагались на базальной мембране, формируя 2-3 ряда клеток. Межклеточное пространство практически не выражено, все клетки соединялись между собой с помощью мелких, редко расположенных десмосом. К базальной мембране клетки прикреплялись с помощью полудесмосом.

Периферические себоциты контрольной группы отличались крупными и хорошо выраженными светлыми ядрами с одним или несколькими ядрышками и концентрацией гетерохроматина преимущественно под кариолеммой (рисунок 1 А, Б).



1- ядро; 2 – десмосомы с пучками тонофиламентов; 3 – митохондрии 1 типа;
4 – митохондрии 2 типа; 5 - формирующаяся липидная капля; 6 – рибосомы; 7 – аЭПС;
8 – гранулы гликогена; 9 - лизосомы

Рисунок 1 – Строение периферических себоцитов
(А, Б - группа контроля; В – группа световой депривации депривации,
Г- группа темновой депривации)

В цитоплазме этих клеток митохондрии были разбросаны диффузно и среднее их количество было 5,41(4,47–6,37) ед. С учетом их размера и электронной плотности преобладали два типа этой органеллы. Первый тип характеризовался относительно небольшими размерами и более высокой электронной плотностью митохондриального матрикса с хорошо выраженными неупорядоченными кристами и нерасширенными межкристными пространствами. Второй тип митохондрий отличался более крупными размерами, светлым хорошо выраженным матриксом и редкими, расположенными на периферии кристами. Средняя площадь сечения одной митохондрии в контрольной группе составляла 0,13 (0,11-0,15) мкм, а электронная плотность их матрикса –137,21(131,6-142,8).

Эндоплазматический ретикулум в периферических клетках представлен единичными короткими цистернами и везикулами гладкой эндоплазматической сети, тогда как компоненты гранулярной ЭПС практически отсутствовали. Стоит отметить, что комплекс Гольджи был умеренно развит и выявлялся в виде 1-2 диктиосом, образованных несколькими параллельными цистернами, и немногочисленных секреторных вакуолей. На рисунке 1Б, хорошо видно, что в цитоплазме мало дифференцированных клеток встречались также единичные крупные лизосомы в количестве 1,23 (0,62-1,84) ед. По всем морфологическим признакам периферические себоциты имели общие черты с базальными клетками эпидермиса.

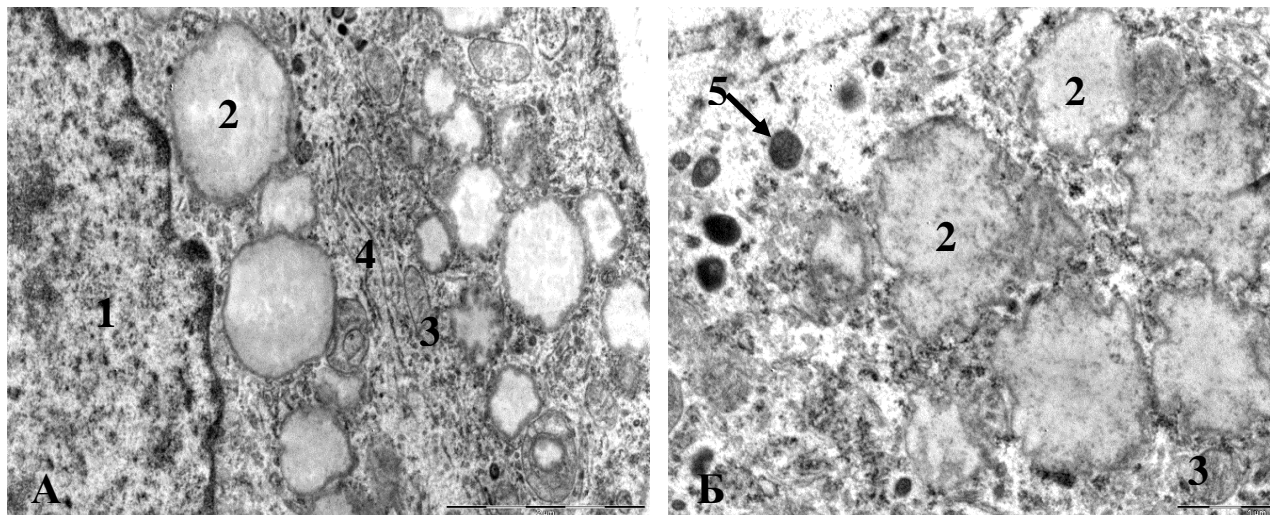
Световая депривация способствовала некоторым ультраструктурным изменениям со стороны периферических (базальных) клеток сальных желез по сравнению с контрольной группой (рис. 1В). Так, в ядрах себоцитов возрастала концентрация периферического гетерохроматина, что может свидетельствовать о снижении функциональной активности себоцитов и угнетении системы репарации генетических повреждений клетки, то есть о нарушении нормального течения внутриклеточных процессов, вызванных ухудшением физического состояния организма. В себоцитах также отмечалось возрастание количества митохондрий до 9,00 (7,56-10,43) ед. ($p < 0,05$), а также средней площади их сечения до 0,27 (0,23-0,31) мкм ($p < 0,05$). При этом электронная плотность митохондрий снижалась до 132,05(127,4-136,7). В этой группе темновой депривации преобладали митохондрии второго типа. Световая депривация способствовала возрастанию количества лизосом в периферических себоцитах до 3,0 (1,67-4,33) ед ($p < 0,05$).

Темновая депривация у экспериментальных животных приводила к увеличению количества митохондрий до 6,86 (4,63-9,09) мкм ($p < 0,05$) и повышению электронной плотности их матрикса до 141,53 (136,01-147,05) ($p < 0,05$), а также незначительному возрастанию средней площади их сечений до 0,18 (0,15-0,20) мкм (рис. 1Г). При темновой депривации отмечалось увеличение количества лизосом до 2,16 (0,93-3,39) ед. ($p < 0,05$). Учитывая тот факт, что митохондрии являются индикаторами функционального состояния клеток, следовательно, увеличение их количества может наблюдаться при пролиферации и трансформации клеток, когда усиливаются их энергозатраты, а число лизосом возрастает при активации процессов внутриклеточной регенерации или дестабилизации функциональной активности клеток. Все эти изменения являются подтверждением того, что при хронодеструкции в периферических клетках сальных желез происходят адаптационные перестройки, которые заключаются в усилении функциональной активности себоцитов [9, 10].

Промежуточные клетки сальных желез контрольной группы животных, характеризовались крупными размерами, наличием единичных липидных капель и уменьшением ядерно-цитоплазматического отношения. Небольшие ядра в некоторых случаях были деформированы и интенсивно окрашены. В данном типе клеток агранулярная ЭПС представляла собой совокупность везикул и параллельных цистерн. При этом данная органелла располагалась вблизи растущих липидных капель. В некоторых случаях компоненты ЭПС сливались с оболочкой липидных капель. Наблюдалось также соединение их внутренних пространств, что, в свою очередь, может быть подтверждением того, что гладкая ЭПС является местом синтеза липидов. Гранулярная ЭПС развита незначительно. В цитоплазме промежуточных себоцитов возле формирующихся липидных капель выявлялись пузырьки и уплощенные цистерны комплекса Гольджи, а также единичные митохондрии в количестве 4,2 (3,39–5,39) ед. Уменьшение количества митохондрий может быть связано с образованием липидных капель. В дефференцирующихся клетках встречались и единичные лизосомы (1,26 (0,92-2,34) ед), что является свидетельством предстоящей подготовки клетки к голокриновой секреции (физиологическому аутолизу), а также возможного их участия в гидролизе белков, необходимых в синтезе жиров.

Единичные липидные капли представляли собой округлые тельца. В некоторых случаях их поверхность была сильно изрезанной. Капли были ограничены гладкой мембраной, внутри которой располагался плотный зернистый материал. Липидные капли большого размера отличались более светлым или вакуолизированным матриксом. При этом мелкие структуры было трудно отличить от набухших митохондрий, так как содержимое таких капель могло смешиваться с небольшим количеством трубчатых структур, которые были очень похожи на митохондриальные кристы.

При изучении сальных желез крыс, подвергшихся воздействию световой и темновой депривации, наблюдались определенные изменения в ультраструктурной организации промежуточных себоцитов (рис. 2А и рис. 2Б). Так, в цитоплазме таких клеток отмечалось возрастание количества митохондрий до 7,7 (5,05–8,95) ед. ($p < 0,05$), а также увеличение числа лизосом до 5,8 (3,6–7,15) ед. ($p < 0,05$). Следует отметить, что в единичных митохондриях наблюдались признаки дегенерации и деструкции. В дифференцирующихся себоцитах отмечалось увеличение площади, занятой комплексом Гольджи и гладкой ЭПС.



1 - ядро; 2 – липидные капли; 3 – митохондрии; 4 – комплекс Гольджи; 5 - лизосомы

**Рисунок 2 - Строение дифференцирующегося себоцита
(А- группа световой депривации; Б- группа темновой депривации)**

Вместе с тем только темновая депривация приводит к возникновению такого феномена, как полиморфизм липидных капель. Так, в этой экспериментальной группе они имели разную электронную плотность в одной и той же клетке, что может быть свидетельством изменения химического состава матрикса за счет увеличения содержания белка, а также изменения соотношения в них триацилглицеролов и сложных эфиров (рис. 3). В подтверждение этого вывода выступает работа 2009 года, проведенная J. Cheng et al, в которой авторы указывают, что липидные капли, имеющие более электронноплотную структуру, богаты вновь синтезированными триглицеридами [11].

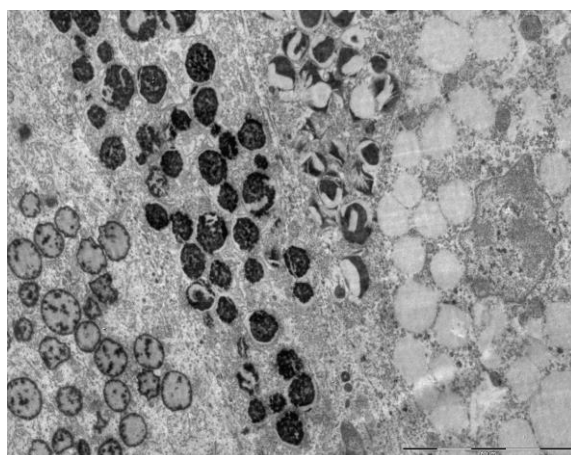
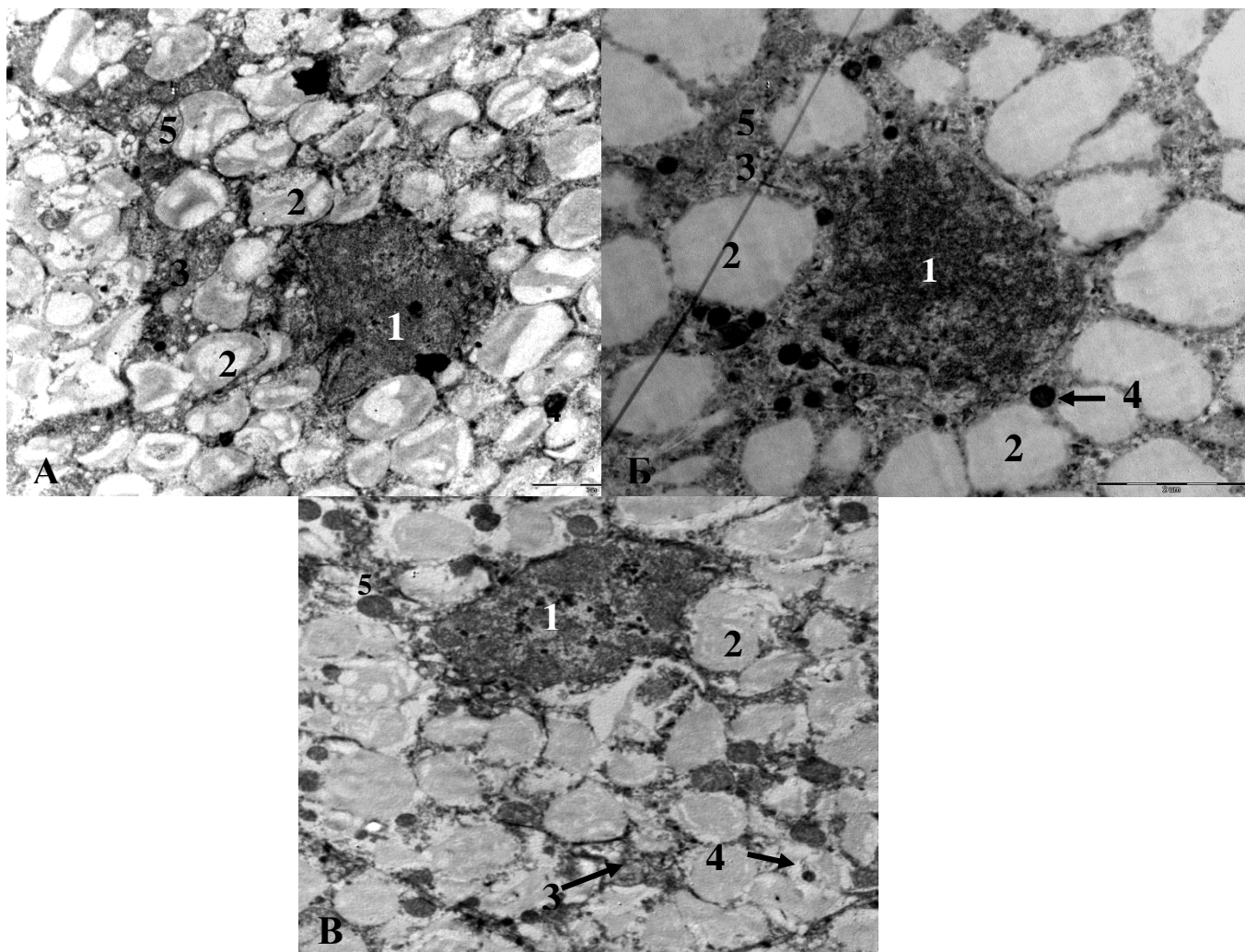


Рисунок 3 – Полиморфизм липидных капель (группа темновой депривации)

Следовательно, темновая депривация способствует изменению не только ультраструктуры себоцитов, но и состава себума. В последующем это может серьезно повлиять на барьерно-защитные свойства общего покрова.

Самые крупные клетки - зрелые себоциты – составляли большую часть концевых отделов сальной железы. Главными отличительными особенностями таких клеток являлись многочисленные липидные капли и повышенное содержание везикул гладкой эндоплазматической сети и лизосом. Размер и количество липидных капель сильно варьировали как в соседних клетках, так и в пределах одной клетки. В данных клетках происходило увеличение размеров капель. При этом они нахо-

дильсь в непосредственной близости друг от друга, но, за счет окружающей их мембраны, не сливались (рис. 4 А).



1 - ядро; 2 – липидные капли; 3 - комплекс Гольджи; 4 – лизосомы;
5 - митохондрии

Рисунок 4 – Строение дифференцирующегося себоцита:

А - группа контроля; Б – группа темновой депривации; В – группа световой депривации

В зрелых себоцитах, помимо жировых клеток, располагались: большое количество гранул гликогена, свободных рибосом и тонофиламентов. Ядро клетки имело небольшие размеры с угловатыми контурами из-за давления, которое на них оказывают липидные капли. Кариоплазма была плотной и часто однородной. Ядрышки плохо дифференцировались. Все эти изменения предшествовали последующему кариопикнозу (в момент превращения в себум).

При темновой депривации липидные капли визуально обладали более крупными размерами, но их содержание было заметно меньше. Оставались хорошо выраженные участки цитоплазмы с органеллами (ЭПС, комплекс Гольджи, митохондрии). Количество лизосом возрастало до 5,8 (3,6–7,15) ед. по сравнению с контролем ($p < 0,05$). Это может быть связано с тем, что лизосомальная система организма реагирует на негативные воздействия путем активизации процесса образования лизосом, адаптивной синтеза ферментов, усиления аутофагоцитоза, направленного апоптоза и экзоцитоза, организуя тем самым механизмы защиты от действия неблагоприятных факторов на клеточном уровне (рис. 4 Б). Световая депривация в зрелых себоцитах, напротив, приводила к уменьшению числа лизосом до 1,53 (0,95-2,15) ед. ($p < 0,05$) с одновременным возрастанием количества митохондрий до 11,25 (9,41-13,52) ед. ($p < 0,05$), что может быть сигналом гипертрофии и трансформации клеток после повреждения ткани. Вместе с тем, количество и размер липидных капель не изменялся (рис. 4 В)

Далее клетки вступали в некротическую стадию. Они полностью заполнялись липидными каплями, которые в некоторых случаях сливались между собой. Органеллы не дифференцировались, а

ядра становились пикнотичными. В конце концов, мембраны таких клеток разрывались и высвобождали свое содержимое, а также остатки ядер и цитоплазматических органелл в выводные протоки желез, а далее на поверхность клеток. Аналогичная картина наблюдалась при темновой и световой депривации.

Закключение. Таким образом, при хронодеструкции отмечаются существенные ультраструктурные изменения в себоцитах, которые свидетельствуют об изменении функциональной активности клеток. Полученные авторами данные согласуются с рядом проведенных ранее исследований о циркадной зависимости функциональной активности себоцитов и скорости секреции ими кожного сала. Так, в 2016 году M.S. Matsui et al. установили, что самые низкие значения секреции себума зафиксированы в ночное время, а максимальные – днем [12]. Установлено также, что суточным колебаниям подвержена также и митотическая активность себоцитов. P.A. Dyban и R. Zh. Kinzhibulatova экспериментальным путем доказали, что максимальное количество митозов в сальной железе крысы в ночные и утренние часы, а минимальное - в дневные и вечерние часы [13]. Следовательно, закономерно можно считать, что при темновой депривации происходит возрастание функциональной активности себоцитов а это, в свою очередь, приводит к существенному изменению их секреторной активности. Вместе с тем, постоянная темнота приводит к возрастанию пролиферативной активности в сальной железе с одновременным изменением химического состава себума (полиморфизм гранул).

Conclusions. Thus, during chronodestruction, significant ultrastructural changes in sebocytes are observed, which indicate a change in the functional activity of the cells. The data obtained by the authors is consistent with a number of previously conducted studies on the circadian dependence of the functional activity of sebocytes and the rate of sebum secretion by them. So, in 2016 M.S. Matsui et al. found that the lowest values of sebum secretion were recorded at night, and the maximum during the day [12]. It has also been established that the mitotic activity of sebocytes is also subject to daily fluctuations. P.A. Dyban and R. Zh. Kinzhibulatova experimentally proved that the maximum number of mitoses in the sebaceous gland of rats is at night and in the morning, and the minimum is in the afternoon and evening hours [13]. Consequently, it can be considered natural that during dark deprivation there is an increase in the functional activity of sebocytes and this, in turn, leads to a significant change in their secretory activity. At the same time, constant darkness leads to an increase in proliferative activity in the sebaceous gland with a simultaneous change in the chemical composition of sebum (polymorphism of granules).

Список литературы. 1. Plikus Bogi, M. V. Skin as a window to body-clock time / M. V. Plikus Bogi // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. – 2018. – Vol. 115 (48). – P. 12095–12097. 2. Schneider, M. R. Primary sebocytes and sebaceous gland cell lines for studying sebaceous lipogenesis and sebaceous gland diseases / M. R. Schneider, C. C. Zouboulis // *Exp Dermatol*. – 2018. – Vol. 27(5). – P. 484–488. 3. Shamloul, G. An updated review of the sebaceous gland and its role in health and diseases Part 1: Embryology, evolution, structure, and function of sebaceous glands / G. Shamloul, A. Khachemoune // *Dermatologic Therapy*. – 2021. – Vol. 34. – P. e14695. 4. Zouboulis, C. C. Acne and sebaceous gland function / C. C. Zouboulis // *Clin Dermatol*. – 2004. – Vol. 22(5). – P. 360–366. 5. Machine learning for classification of cutaneous sebaceous neoplasms: implementing decision tree model using cytological and architectural features / K.-H. Kambiz [et al.] // *Diagnostic Pathology*. – 2023. – Vol. 18. – P. 10. 6. Circadian Rhythm and the Skin: A Review of the Literature / A. B. Lyons [et al.] // *J Clin Aesthet Dermatol*. – 2019. – Vol. 12(9). – P. 42–45. 7. The circadian clock and diseases of the skin / J. Duan [et al.] // *FEBS Lett*. – 2021. – Vol. 595. – P. 2413–2436. 8. Соболевская, И. С. Влияние темновой депривации на морфологию ламеллярных телец и других клеточных компонентов кератиноцитов эпидермиса / И. С. Соболевская, О. Д. Мяделец, О. Б. Островская // *Вестн НАН Беларуси. Сер. мед. наук*. – 2021. – Т. 18, №3. – С. 80–88. 9. Заводник, И. Б. Ультраструктура митохондрий и содержание в них свободных аминокислот при моделировании *in vitro* окислительного стресса воздействием трет-бутилгидропероксида: протекторное действие флавоноидов клюквы / И. Б. Заводник // *Лабораторная диагностика. Восточная Европа*. – 2018. – Т. 7(1). – С. 112–12. 10. Бакеева, Л. Е. Возрастные изменения ультраструктуры митохондрий. Действие SkQ1 / Л. Е. Бакеева // *Биохимия*. – 2015. – Т. 80(12). – С. 1843–1850. 11. Quantitative electron microscopy shows uniform incorporation of triglycerides into existing lipid droplets / J. Cheng [et al.] // *Histochem. Cell Biol*. – 2009. – Vol. 132. – P. 281–291. 12. Biological Rhythms in the Skin / M. S. Matsui [et al.] // *Int J Mol Sci*. 2016. – Vol. 17(6). – P. 801. 13. Dyban, P. A. Formation sebaceous (meibomian) glands of rats in an early postnatal ontogenesis / P. A. Dyban, R. Z. Kinzhibulatova // *International Journal of Applied and Fundamental Research (Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований)*. – 2016. – Vol. 1. – P. 71–73.

References. 1. Plikus Bogi, M. V. Skin as a window to body-clock time / M. V. Plikus Bogi // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. – 2018. – Vol. 115 (48). – P. 12095–12097. 2. Schneider, M. R. Primary sebocytes and sebaceous gland cell lines for studying sebaceous lipogenesis and sebaceous gland diseases / M. R. Schneider, C. C. Zouboulis // *Exp Dermatol*. – 2018. – Vol. 27(5). – P. 484–488. 3. Shamloul, G. An updated review of the sebaceous gland and its role in health and diseases Part 1: Embryology, evolution, structure, and function of sebaceous glands / G. Shamloul, A. Khachemoune // *Dermatologic Therapy*. – 2021. – Vol. 34. – P. e14695. 4. Zouboulis, C. C. Acne and sebaceous gland function / C. C. Zouboulis // *Clin Dermatol*. – 2004. – Vol. 22(5). – P. 360–366. 5. Machine learning for classification of cutaneous sebaceous neoplasms: implementing decision tree model using cytological and architectural features / K.-H. Kambiz [et al.] // *Diagnostic Pathology*. – 2023. – Vol. 18. – P. 10. 6. Circadian Rhythm and the Skin:

A Review of the Literature / A. B. Lyons [et al.] // J Clin Aesthet Dermatol. – 2019. – Vol. 12(9). – P. 42–45. 7. The circadian clock and diseases of the skin / J. Duan [et al.] // FEBS Lett. – 2021. – Vol. 595. – P. 2413–2436. 8. Sobolevskaya, I. S. Vliyanie temnoy deprivatsii na morfologiyu lamellyarnykh telec i drugih kletochnykh komponentov keratinocitov epidermisa / I. S. Sobolevskaya, O. D. Myadec, O. B. Ostrovskaya // Vesci NAN Belarusi. Ser. med. navuk. – 2021. – T. 18, №3. – S. 80–88. 9. Zavodnik, I. B. Ul'trastruktura mitohondrij i sodержanie v nih svobodnykh aminokislot pri modelirovanii in vitro okislitel'nogo stressa vozdeystviem tret-butylgidroperoksida: protektornoe dejstvie flavonoidov klyukvy / I. B. Zavodnik // Laboratornaya diagnostika. Vostochnaya Evropa. – 2018. – T. 7(1). – С. 112–12. 10. Bakeeva, L. E. Vozrast-zavisimye izmeneniya ul'trastruktury mitohondrij. Dejstvie SkQ1 / L. E. Bakeeva // Biohimiya. – 2015. – T. 80(12). – С. 1843–1850. 11. Quantitative electron microscopy shows uniform incorporation of triglycerides into existing lipid droplets / J. Cheng [et al.] // Histochem. Cell Biol. – 2009. – Vol. 132. – P. 281–291. 12. Biological Rhythms in the Skin / M. S. Matsui [et al.] // Int J Mol Sci. 2016. – Vol. 17(6). – P. 801. 13. Dyban, P. A. Formation sebaceous (meibomian) glands of rats in an early postnatal ontogenesis / P. A. Dyban, R. Z. Kinzhibulatova // International Journal of Applied and Fundamental Research (Mezhdunarodny zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij). – 2016. – Vol. 1. – P. 71–73.

Поступила в редакцию 11.01.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-1-107-110

УДК 619:616.98:578.832.1-091:636.5

СОВРЕМЕННАЯ СИТУАЦИЯ ПО ГРИППУ ПТИЦ, ОЦЕНКА РИСКОВ ЗАНОСА И РАСПРОСТРАНЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Субботина И.А. ORCID ID 0000-0001-8346-2988

УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»,
г. Витебск, Республика Беларусь

*В статье приведена современная ситуация по гриппу птиц, показывающая глобальное распространение данной болезни, высокую степень заболеваемости и падежа не только среди домашней и дикой птицы, но и среди различных видов диких и домашних, водных и наземных млекопитающих. Описаны участвовавшие случаи заболевания среди населения, вызванные как высокопатогенными, так и низкопатогенными штаммами вируса гриппа птиц. Проведен анализ и оценка значимости дикой фауны в распространении возбудителя гриппа птиц, проведена оценка уровня риска заноса и распространения гриппа птиц на территории Республики Беларусь. **Ключевые слова:** грипп птиц, распространение, оценка рисков, резервуар, миграционные коридоры.*

CURRENT SITUATION WITH AVIAN INFLUENZA, ASSESSMENT OF RISKS FOR TRANSMISSION AND SPREAD IN THE REPUBLIC OF BELARUS

Subotsina I.A.

Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine, Vitebsk, Republic of Belarus

*The article presents the current situation with avian influenza, showing the global spread of this disease, a high degree of morbidity and mortality not only among poultry and wild birds, but also among various species of wild and domestic, aquatic and terrestrial mammals. Increasing cases of disease among the population caused by both highly pathogenic and low pathogenic strains of the avian influenza virus have been described. An analysis and assessment of the importance of wild fauna in the spread of the avian influenza pathogen was carried out, and the level of risk for introduction and spread of avian influenza in the territory of the Republic of Belarus was assessed. **Keywords:** avian influenza, spread, risk assessment, reservoir, migration corridors.*

Введение. В настоящее время складывается напряженная ситуация по гриппу птиц (в первую очередь – по высокопатогенному (ВПГП)) в мире. Нынешняя панзоотия проходит практически на всех континентах и во множестве стран, поражается широкий спектр видов птиц, как домашних, так и диких, а в последнее время все чаще грипп птиц регистрируют у различных видов млекопитающих, в том числе и у человека. За 2023 год в странах ЕС и в целом на Евразийском континенте выявили несколько сотен вспышек гриппа птиц среди домашнего поголовья и тысячи вспышек среди диких птиц. Регистрируются вспышки гриппа птиц среди дикой и домашней птицы в США, Канаде, Японии, Китае и в ряде других стран Азии, в странах Южной Америки, Африки. Одна из последних крупных вспышек на африканском континенте отмечалась в ЮАР, где вспышки гриппа птиц в стране фиксировали с апреля 2023 года. За это время в стране было уничтожено более 7,5 млн птиц, что составляет почти треть от всего поголовья сельскохозяйственной птицы в стране. В Японии согласно подсчетам, в прошлом сезоне зафиксировано 84 случая гриппа птиц, в результате чего уничтожено 17,71 млн птиц. Результаты анализа образцов показали наличие высокопатогенного штамма вируса гриппа птиц H5N1 [1, 2, 3, 4, 5, 6].