

ПАРАМЕТРЫ ОБЛАСТЕЙ ЯДРЫШКОВЫХ ОРГАНИЗАТОРОВ
В ПОДОЦИТАХ ПОЧЕК ИНДЕЕК В ПОСТНАТАЛЬНОМ ОНТОГЕНЕЗЕВ.И. ТРУХАЧЕВ, А.Н. КВОЧКО, Д.А. САПРУНОВ, С.П. ДАННИКОВ,
А.Ю. КРИВОРУЧКО, В.С. СКРИПКИН, П.А. ХОРИШКО, В.Я. НИКИТИН

(ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»)

Известно, что критерием активности клетки в отношении синтеза белка являются концевые отделы хромосом, где синтезируются рибосомальные РНК, выходящие в цитоплазму и участвующие в образовании рибосом. Эти участки хромосом выявляются азотнокислым серебром и называются зонами или областями ядрышковых организаторов (AgNORs). Морфометрический анализ областей ядрышковых организаторов позволяет оценивать белково-синтетическую функцию клеток, отражающую степень их дифференцировки и пролиферации, а также может использоваться для оценки продолжительности клеточного цикла. С помощью методики импрегнации азотнокислым серебром изучены параметры активности областей ядрышковых организаторов и на основании их оценена белково-синтетическая функция подоцитов почек индеек в постнатальном онтогенезе. Объектом исследования служили 60 клинически здоровых самцов и самок индеек северокавказской белой породы, в возрасте 1 месяца, 2 месяца, 3 месяца, 4 месяца, 5 месяцев и 6 месяцев. Установлено, что количество областей ядрышковых организаторов в ядрах подоцитов почечных клубочков индеек колеблется от 1 до 4, при этом наибольшее их число регистрируется в возрасте от трех до пяти месяцев жизни, а в возрасте одного, двух и шести месяцев их меньше. Площадь областей ядрышковых организаторов в ядрах подоцитов индеек, а, следовательно, и синтез рибосомальной РНК, имеет волнообразный характер и зависит от пола, возраста и расположения почек, однако, более низкие значения этого показателя регистрируются в период с первого до второго месяца жизни.

Ключевые слова: индейки, почки, подоциты, ядрышковые организаторы, белковый синтез, постнатальный онтогенез, рибосомальная РНК.

Введение

Важным показательным критерием активности клетки в отношении синтеза белка являются участки ядер, активно связывающие коллоидное серебро, вокруг которых образуется новое ядрышко во время телофазы, эти участки называются зонами или областями ядрышковых организаторов (AgNORs) [8]. Ядрышковые организаторы – это участки хромосом, пространственно ассоциированные с ядрышком, представляющие собой кластер тандемно повторяющихся генов рибосомальной РНК, расположенных на одной хромосоме [5].

Исследование областей ядрышковых организаторов позволяет оценить способность к синтезу 18S, 5.8S и 28S классов рРНК, участвующих, как известно, в образовании рибосом, где происходит синтез белков [13].

Методика выявления AgNORs позволяет обнаружить области ядрышковых организаторов за счет реакции восстановления ионов серебра карбоксильными,

дисульфидными и сульфгидрильными группами связанных с ними белков [8]. Морфометрический анализ AgNORs позволяет оценивать белково-синтетическую функцию клеток [10, 16], являясь важным показателем степени дифференцировки клеток и функциональной нагрузки на клеточные комплексы [12, 15, 17], а также может использоваться для оценки продолжительности клеточного цикла [14].

У всех позвоночных животных универсальный принцип структурно функциональной организации нефрона. Основная тенденция прогрессивной эволюции функции почек (как в филогенезе позвоночных, так и в онтогенезе птиц и млекопитающих) является увеличение интенсивности фильтрационно-реабсорбционных механизмов [7]. Морфологически отмечаются выраженные различия между почками птиц и млекопитающих, что в значительной мере влияет на их гомеостатическую функцию [11], при этом степень изученности этих органов у птиц в норме и при повреждениях существенно уступает степени изученности почек у млекопитающих.

Индейки являются самым крупным и в тоже время медленно растущим видом сельскохозяйственных птиц, имеющих ряд особенностей в развитии [9].

Отсюда следует, что изучение белково-синтетической функции по параметрам активности областей ядрышковых организаторов, в подоцитах почек индеек в постнатальном онтогенезе расширяет сведения о биологических особенностях этого вида птиц, что отличается новизной в ряде вопросов прогнозирования, профилактики и диагностики различных заболеваний.

Методика исследований

Объектом исследования служили 60 клинически здоровых самцов и самок индеек северокавказской белой породы, в возрасте 1 месяц, 2 месяца, 3 месяца, 4 месяца, 5 месяцев и 6 месяцев.

Для выполнения исследований проводили эвтаназию индеек в соответствии с Директивой 2010/63/EU ЕВРОПЕЙСКОГО ПАРЛАМЕНТА И СОВЕТА ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА по охране животных, используемых в научных целях, и у самцов и самок каждой возрастной группы проводили отбор правой и левой почек.

Отобранный для гистохимических исследований материал фиксировали в 10,0% водном растворе нейтрального формалина. Фиксированные в формалине кусочки органов промывали проточной водой в течение 24 часов, обезвоживали в спиртах восходящей концентрации, проводили через ксилол и заливали в блоки с использованием гистологической среды «Гистомикс».

Блоки фиксировали на деревянные основания и на санном микротоме приготавливали гистосрезы толщиной 7–10 мкм, которые наклеивали на химически чистые предметные стекла.

При выполнении гистохимических исследований с целью изучения белково-синтетической функции в подоцитах, по параметрам областей ядрышковых организаторов (AgNORs), использовали метод импрегнации азотнокислым серебром, описанный В.И. Туриловой с соавт. (1998) [8]. В срезах почек выполняли по 10 цифровых снимков (в формате .jpg, размером 2048 × 1536 пикселей, в палитре 24 бит), случайно выбранных полей зрения на увеличении 1000 раз. Исследовали количество и площадь AgNORs в подоцитах почечных клубочков.

Морфометрические исследования проводили с использованием программы VideoTesT Master 4.0 для Windows производства АОЗТ «ИСТА», Россия, г. Санкт-Петербург, согласно рекомендациям Г.Г. Автандилова (2005) [1].

Полученные данные анализировали, а числовые показатели обрабатывали с помощью однофакторного дисперсионного анализа и критерия Ньюмена – Кейлса

в программе Primer of Biostatistics 4.03 для Windows. Достоверными считали различия при $p < 0,05$, где n – объем выборки, M – среднее арифметическое выборки, m – стандартная ошибка среднего. Достоверными считали различия при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Первые описания параметров активности областей ядрышковых организаторов в почках у птиц были сделаны Н.А. Гаховой (2005) [3], при этом было обнаружено, что активность AgNORs в ядрах исследуемых клеток увеличивается при развитии патологического процесса. В работах Н.М. Владимировой (2000) [2] была описана тесная связь между активностью AgNORs и интенсивностью апоптоза, встречающегося не только при патологических процессах, но и выполняющего ряд важных функций во время перестройки органов на различных этапах постнатального онтогенеза.

При анализе количества AgNORs в ядрах подоцитах индеек установлено (табл. 1, рис. 1), что у самок индеек в возрасте двух месяцев их количество в левой почке достоверно возрастает на 15%, по сравнению с особями одномесячного возраста. С двух до четырехмесячного возраста регистрируется увеличение средних значений исследуемого показателя на 41%. В четырехмесячном возрасте количество AgNORs в ядрах подоцитов левой почки достоверно увеличивается на 13%, по сравнению с предыдущим возрастом. В пятимесячном возрасте регистрируется достоверное снижение средних значений этого показателя на 28%, по сравнению с четырехмесячными особями, а в шесть месяцев количество AgNORs в ядрах подоцитов левой почки продолжает достоверно снижаться на 31%.

У самцов индеек в возрасте двух и трех месяцев достоверных изменений количества AgNORs в ядрах подоцитов левой почки не выявлено. С трех до четырехмесячного возраста средние значения этого показателя достоверно увеличиваются на 22%. К пяти месяцам жизни регистрируется достоверное снижение количества AgNORs в ядрах подоцитов левой почки на 15%, по сравнению с предыдущим возрастом. В шестимесячном возрасте средние значения данного показателя продолжают достоверно снижаться на 27%.

Сравнивая количество AgNORs в ядрах подоцитов левой почки самцов и самок индеек в возрасте одного и двух месяцев жизни достоверных различий не выявлено. В трех, четырех, пяти и шестимесячном возрасте средние значения этого показателя в левой почке самок достоверно выше, чем у самцов аналогичного возраста на 31%, 23%, 10% и 0,7% соответственно.

У самок индеек в двухмесячном возрасте количество AgNORs в ядрах подоцитов в правой почке достоверно выше, чем в месячном возрасте на 14%. К трехмесячному возрасту регистрируется достоверное увеличение средних значений данного показателя на 74%, по сравнению с предыдущим возрастом. В четыре месяца жизни наблюдается достоверное снижение количества AgNORs в ядрах подоцитов правой почки на 32% и к пятимесячному возрасту достоверно не изменяется. В шесть месяцев средние значения исследуемого показателя достоверно снижаются на 60%, по сравнению с пятимесячными самками.

В возрасте двух месяцев у самцов индеек количество AgNORs в ядрах подоцитов правой почки достоверно не изменялось, по сравнению с месячными особями. В три месяца отмечается достоверное увеличение средних значений исследуемого показателя на 56%. К четырехмесячному возрасту отмечается достоверное снижение количества AgNORs в ядрах подоцитов, по сравнению с предыдущим возрастом на 19% и до пятимесячного возраста достоверно не изменяется. В шесть месяцев средние значения данного показателя продолжают достоверно снижаться на 15%, по сравнению с пятимесячными особями.

Количество AgNORs в ядрах подоцитов у индеек разных половозрастных групп

Возраст	Самки, M±m (n = 500)		Самцы, M±m (n = 500)	
	Левая почка	Правая почка	Левая почка	Правая почка
1 месяц	1,76±0,09	1,68±0,06	1,88±0,04	1,57±0,04&&
2 месяца	2,04±0,12**	1,93±0,10**	1,99±0,12	1,62±0,07###&&
3 месяца	2,89±0,07**	3,36±0,12**&&	2,18±0,08##	2,54±0,09**###&&
4 месяца	3,28±0,14*	2,53±0,05**&&	2,66±0,09**##	2,13±0,08**###&&
5 месяцев	2,56±0,04**	2,61±0,03	2,31±0,11**#	2,01±0,11###&&
6 месяцев	1,94±0,06**	1,63±0,09**&&	1,81±0,04**#	1,74±0,07**

Примечание: статистическая значимость различий с более ранним возрастом: * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$; с самками одного возраста: # – $p < 0,05$, ## – $p < 0,01$; с левой почкой: & – $p < 0,05$, && – $p < 0,01$.

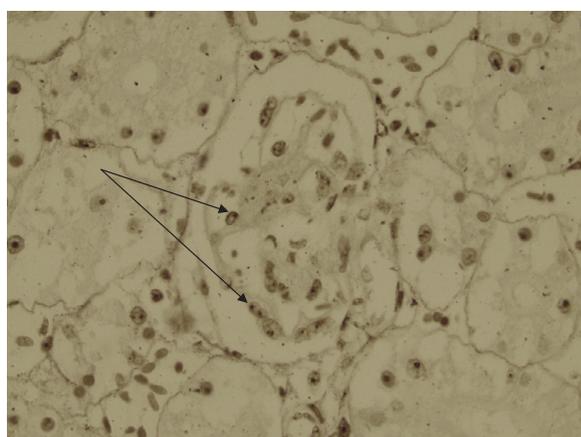


Рис. 1. Области ядрышковых организаторов в подоцитах правой почки самца индейки в возрасте 3-х месяцев (импрегнация серебром, × 1000)

Сравнивая количество AgNORs в ядрах подоцитов правой почки самцов и самок индеек в месячном возрасте достоверных изменений не выявлено. В возрастные периоды двух, трех, четырех и пяти месяцев средние значения показателя в правой почке самок достоверно выше на 19%, 32%, 18% и 14% соответственно, чем в правой почке самцов того же возраста.

У самок индеек в возрасте одного и двух месяцев достоверных различий количества AgNORs в ядрах подоцитов правой и левой почки не наблюдается. В трехмесячном возрасте значение этого показателя в правой почке достоверно выше на 16%, чем в левой почке. К четырем месяцам жизни количество AgNORs в ядрах подоцитов в левой почке достоверно выше на 29%, чем в правой почке. В пять месяцев достоверных различий не отмечается. К шестимесячному возрасту средние значения исследуемого показателя в правой почке достоверно ниже на 19%, чем в левой почке.

У самцов индеек месячного возраста количество AgNORs в ядрах подоцитов левой почки достоверно выше на 19%, чем в правой почке. В два месяца значение данного показателя в правой почке достоверно ниже на 22%, чем в левой почке. В трехмесячном возрасте средние значения этого показателя в правой почке достоверно выше, чем в левой почке на 16%. В возрасте четырех месяцев количество AgNORs в ядрах подоцитов левой почки достоверно выше, чем в правой почке на 24%. В пятимесячном возрасте уровень исследуемого показателя в левой почке достоверно выше, чем в правой почке на 14%. К шестимесячному возрасту достоверных изменений в значениях данного показателя не наблюдается.

Количество AgNORs в ядрах подоцитов почечных клубочков индеек колеблется от 1 до 4, при этом наибольшее их количество регистрируется в возрасте трех, четырех и пяти месяцев жизни, а в возрасте одного, двух и шести месяцев – напротив их количество меньше. При этом в ядрах подоцитов уток, как констатирует А.В. Малюкин (2010) [6], обнаруживается от 1 до 3 AgNORs, аналогичное их количество регистрируется и в подоцитах гусей, согласно исследованиям В.Н. Каплуновой (2010) [4]. Данная особенность, по нашему мнению, связана с тем, что количество AgNORs величина не постоянная и зависит от стадии клеточного цикла, так как ядрышковые организаторы, как известно, способны сливаться в одну общую структуру при новообразовании ядрышек во время митоза.

При изучении площади AgNORs в ядрах подоцитов индеек установлено (табл. 2), что в двухмесячном возрасте значение этого показателя левой почки самок достоверно выше, чем в предыдущем возрасте на 15%. К трехмесячному возрасту площадь AgNORs подоцитов левой почки самок продолжает достоверно увеличиваться на 34%, по сравнению с предыдущим возрастом. В четыре месяца наблюдается достоверное увеличение средних значений этого показателя на 13%, а в пятимесячном возрасте площадь AgNORs в ядрах клеток почечных клубочков левой почки достоверно ниже, чем в предыдущем возрасте на 17%. С пятимесячного и шестимесячного возраста значение исследуемого показателя вновь достоверно увеличивается на 12%.

Таблица 2

Площадь AgNORs в ядрах подоцитов у индеек разных половозрастных групп, мкм²

Возраст	Самки, M±m (n = 500)		Самцы, M±m (n = 500)	
	Левая почка	Правая почка	Левая почка	Правая почка
1 месяц	0,291±0,008	0,304±0,004	0,336±0,009##	0,271±0,007#&&
2 месяца	0,337±0,004**	0,312±0,007&&	0,321±0,011#	0,372±0,007**##&&
3 месяца	0,452±0,007**	0,331±0,009*&&	0,369±0,012**##	0,383±0,019##
4 месяца	0,513±0,012**	0,477±0,011**&&	0,402±0,008**##	0,462±0,005**&&
5 месяцев	0,438±0,010**	0,541±0,010**&&	0,516±0,014**##	0,571±0,009**##&&
6 месяцев	0,491±0,006**	0,593±0,014**&&	0,551±0,011**##	0,602±0,010*&&

Примечание: статистическая значимость различий с более ранним возрастом: * – p < 0,05, ** – p < 0,01; с самками одного возраста: # – p < 0,05, ## – p < 0,01; с левой почкой: & – p < 0,05, && – p < 0,01.

У самцов в возрасте двух месяцев достоверного изменения площади AgNORs в ядрах подоцитов левой почки, по сравнению с месячными особями, не наблюдается. С двух до трех месяцев жизни отмечается достоверное увеличение средних значений данного показателя на 14%. В четырехмесячном возрасте площадь AgNORs в ядрах подоцитов левой почки продолжает достоверно увеличиваться на 0,8%, по сравнению с предыдущим возрастом. С четырех до пятимесячного возраста площадь AgNORs в ядрах подоцитов вновь достоверно увеличивается на 28%. К шести месяцам значение исследуемого показателя достоверно выше, чем в пятимесячном возрасте на 0,6%.

Сравнивая площадь AgNORs в ядрах подоцитов левой почки самцов и самок индеек, мы видим, что в возрасте одного, пяти и шести месяцев жизни значение исследуемого показателя в левой почке самцов достоверно выше, чем в левой почке самок на 15%, 17% и 12% соответственно. А в двух, трех и четырехмесячном возрасте средние значения исследуемого показателя в левой почке самок достоверно на 0,4%, 22% и 27% соответственно, выше, чем в левой почке самцов аналогичного возраста.

У двухмесячных самок индеек достоверных различий площади AgNORs в ядрах подоцитов правой почки, по сравнению с предыдущим возрастом не регистрируется. С двух до трех месяцев жизни наблюдается достоверное увеличение средних значений показателя на 0,6%. К четырехмесячному возрасту значение исследуемого показателя продолжает достоверно увеличиваться на 44%, по сравнению с предыдущим возрастом. С четырех до пяти месяцев жизни площадь AgNORs в ядрах подоцитов вновь достоверно увеличивается на 13%. В шестимесячном возрасте значение исследуемого показателя увеличивается на 0,9%, по сравнению с пятимесячными особями.

У самцов индеек двухмесячного возраста площадь AgNORs в ядрах подоцитов правой почки достоверно возрастает по сравнению с месячными особями на 37% и до трехмесячного возраста достоверно не изменяется. В четырехмесячном возрасте регистрируется достоверное увеличение средних значений исследуемого показателя на 20%, по сравнению с трехмесячными особями. В пять месяцев значение данного показателя достоверно возрастает на 23% и в шестимесячном возрасте продолжает достоверно увеличиваться на 0,5%.

При сравнении площади AgNORs в ядрах подоцитов правой почки самцов и самок индеек, мы получили следующие данные: в возрасте одного и четырех месяцев значение исследуемого показателя в правой почке самок достоверно выше, чем в правой почке самцов на 12% и 0,3% соответственно; в двух, трех и пятимесячном возрасте средние значения данного показателя в правой почке самок достоверно ниже, чем в правой почке самцов на 19%, 15% и 0,5% соответственно, а в четыре и шесть месяцев жизни достоверных различий по площади AgNORs в ядрах подоцитов правой почки самцов и самок индеек не выявлено.

У самок индеек в месячном возрасте достоверных различий площади AgNORs в ядрах подоцитов правой и левой почки не наблюдается. В возрасте двух, трех и четырех месяцев значение исследуемого показателя в левой почке достоверно выше на 0,8%, 36% и 0,7% соответственно, чем в правой почке самок того же возраста. А в пяти и шестимесячном возрасте средние значения данного показателя в правой почке самцов достоверно выше, чем в правой почке самок, аналогичного возраста на 17% и 20% соответственно.

В двух, четырех, пяти и шестимесячном возрасте площадь AgNORs в ядрах подоцитов в правой почке самцов индеек достоверно выше, чем в левой почке на 15%, 14%, 10% и 0,9% соответственно. В месячном возрасте уровень исследуемого показателя в левой почке самок достоверно выше, чем в правой почке

на 23%. В трехмесячном возрасте достоверных различий по данному показателю не отмечается.

Площадь AgNORs в ядрах подоцитов индеек, а, соответственно, и синтез рибосомальной РНК имеет волнообразный характер и зависит от пола, возраста и расположения органа, однако, более низкие значения этого показателя регистрируются в период с первого до второго месяца жизни. Подобная зависимость, на наш взгляд, связана тем, что рост и развитие индеек проходит неравномерно, что согласуется с данным А.И. Шевченко (2010) [9]. При этом почки, как один из важнейших органов поддержания гомеостаза в организме, обеспечивая ряд компенсаторно-приспособительных механизмов, испытывают, значительную нагрузку в белково-синтезирующем аппарате подоцитов.

Заключение

Количество областей ядрышковых организаторов в ядрах подоцитов почечных клубочков индеек колеблется от 1 до 4, при этом наибольшее их число регистрируется в возрасте от трех до пяти месяцев жизни, а в возрасте одного, двух и шести месяцев их меньше. Площадь областей ядрышковых организаторов в ядрах подоцитов индеек, а, следовательно, и синтез рибосомальной РНК, имеет волнообразный характер и зависит от пола, возраста и расположения почек, однако, более низкие значения этого показателя регистрируются в период с первого до второго месяца жизни.

Библиографический список

1. *Автандилов Г.Г.* Компьютерная микротелефотометрия в диагностической гистопатологии. М.: РМАПО, 2005. 256 с.
2. *Владимирова Н.М.* Роль ядрышка в апоптозе. М.: ИБХ РАН, 2000. 23 с.
3. *Гахова Н.А.* Морфологические и функциональные показатели у птиц в норме и при мочекишечной диатезе: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ставрополь, 2005. 23 с.
4. *Каплунова, В.Н.* Морфологические и функциональные показатели почек и крови гусей в постнатальном онтогенезе: дис. ... канд. биол. наук. Ставрополь, 2010. 136 с.
5. *Льюин Б.* Гены; пер. 9-го англ. изд. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. 896 с.
6. *Малюкин А.В.* Динамика морфологических и функциональных показателей почек и крови уток в постнатальном онтогенезе: дис. ... канд. биол. наук. Ставрополь, 2010. 139 с.
7. *Наточин Ю.В.* Фильтрация, реабсорбция и секреция в эволюции почечной функции // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. 1977. Т. 13, № 5. С. 607–613.
8. Функциональная морфология ядрышкообразующих районов хромосом и ядрышек в клетках линии множественной миеломы человека. I. Изменение морфологии и характера серебрения ядрышкообразующих районов хромосом клеточных линий RPMI 8226 и U266, различающихся по степени дифференцировки, на протяжении 7 суток после пересева клеток / В.И. Турилова, Т.Д. Смирнова, М.П. Самойлович, Т.Р. Сухих // Цитология. 1998. Т. 40, № 6. С. 536–547.
9. *Шевченко А.И.* Биологические особенности роста и развития индеек // Птицеводство. 2010. № 7. С. 35–37.
10. Augmentation of the number of nucleolar organizer regions in human megakaryocyte cell lines after induction of polyploidization by a microtubule inhibitor / S. Baatout, B. Chatelain, P. Staquet, M. Symann, C. Chatelain // European journal of clinical investigation. 1998. Vol. 28, № 2. P. 138–144.

11. Braun E.J. Glomerular filtration in birds – its control // Federation proceedings. 1982. Vol. 41, № 8. P. 2377–2381.
12. Cellular proliferation, differentiation and apoptosis in polyether-polyurethane sponge implant model in mice / P.P. Campos, S.P. Andrade, L. Moro, M.A. Ferreira, A.C. Vasconcelos // Histology and histopathology. 2006. Vol. 21, № 12. P. 1263–1270.
13. Cooper G.M. The Cell. A Molecular approach. 2nd ed. Sunderland (MA): Sinauer Associates, 2000. 625 p.
14. Correlation between silver-stained nucleolar organizer region area and cell cycle time / V. Canet, M.P. Montmasson, Y. Usson, F. Giroud, G. Brugal // Cytometry. 2001. Vol. 43, № 2. P. 110–116.
15. Nucleolar organizer regions (NORs). Their significance in the determination of the origin of the lymphoid vessels / N. Papadopoulos, C. Simopoulos, A. Hatzimichael, A. Kotini, D. Tamiolakis // Panminerva medica. 2003. Vol. 45, № 1. P. 63–77.
16. Nucleolar organizer regions: their significance in protein synthesis and consequent release of factors that attract immature lymphocytes in different types of thymic epitheliocytes and in different stages of thymic development / N. Papadopoulos, A. Kotini, M. Lambropoulou, D. Tamiolakis // Clinical and experimental obstetrics and gynecology. 2002. Vol. 29, № 1. P. 57–61.
17. Nucleolar organizer regions: their significance in the maturation of the gut-associated lymphoid tissue / D. Tamiolakis, A. Kotini, M. Lambropoulou, I. Tolparidou, N. Papadopoulos // Clinical and experimental obstetrics and gynecology. 2002. Vol. 29, № 1. P. 69–72.

PARAMETERS OF NUCLEOLAR ORGANIZER AREAS IN KIDNEY PODOCYTES OF TURKEYS IN POSTNATAL ONTOGENESIS

V.I. TRUKHACHEV, A.N. KVOCHKO, D.A. SAPRUNOV, S.P. DANNIKOV,
A.YU. KRIVORUCHKO, V.S. SKRIPKIN, P.A. KHORISHKO, V.YA. NIKITIN

(Stavropol State Agrarian University)

The terminal sections of chromosomes, where ribosomal RNAs entering the cytoplasm and participating in the formation of ribosomes are synthesized, are considered to be a criterion of cell activity for protein synthesis. These chromosome regions are detected by silver nitrate and are called zones or regions of the nucleolar organizers (AgNORs). Morphometric analysis of the nucleolar organizer regions allows evaluating the protein-synthetic function of cells, reflecting the degree of their differentiation and proliferation, and can also be used to assess the duration of a cell cycle. Using the silver nitrate impregnation technique, the authors studied the activity parameters of the nucleolar organizer regions and, based on them, evaluated the protein-synthetic function of turkey kidney podocytes in postnatal ontogenesis. The object of the study was 60 clinically healthy males and females of the North Caucasian white breed, aged 1 month, 2 months, 3 months, 4 months, 5 months, and 6 months. It has been established that the number of regions of the nucleolar organizers in the nuclei of turkey kidney glomerular podocytes ranges from 1 to 4, with the largest number being recorded at the age of three to five months of life, and at the age of one, two, and six months they are fewer. The area of the nucleolar organizer region in the nuclei of turkey podocytes, and, consequently, the synthesis of ribosomal RNA, is wave-like and depends on the gender, age, and kidney location, however, lower values of this indicator are recorded in the period from the first to the second month of life.

Key words: turkeys, kidneys, podocytes, nucleolar organizers, protein synthesis, postnatal ontogenesis, ribosomal RNA.

References

1. *Avtandilov G.G.* Komp'yuternaya mikrotelefotometriya v diagnosticheskoy gistsitopatologii [Computer microteleotometry in diagnostic histocytopathology]. M.: RMAPO, 2005. 256 p. (In Russian)
2. *Vladimirova N.M.* Rol' yadryshka v apoptoze [Role of the nucleolus in apoptosis]. M.: IBKH RAN, 2000. 23 p. (In Russian)
3. *Gakhova N.A.* Morfologicheskiye i funktsional'nyye pokazateli u ptits v norme i pri mohekislom diateze: avtoref. dis. ... kand. biol. Nauk [Morphological and functional indices in birds under normal and uric acid diathesis condition: Self-review of PhD (Bio) thesis]. Stavropol', 2005. 23 p. (In Russian)
4. *Kaplunova V.N.* Morfologicheskiye i funktsional'nyye pokazateli pochek i krovi gusey v postnatal'nom ontogeneze: dis. ... kand. biol. nauk [Morphological and functional indicators of the kidneys and blood of geese in postnatal ontogenesis: PhD (Bio) thesis]. Stavropol', 2010. 136 p. (In Russian)
5. *L'yuin B.* Geny [Genes]; translation of the 9th English edition. M.: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2012. 896 p. (In Russian)
6. *Malyukin A.V.* Dinamika morfologicheskikh i funktsional'nykh pokazateley pochek i krovi utok v postnatal'nom ontogeneze: dis. ... kand. biol. nauk [Dynamics of morphological and functional parameters of the kidneys and blood of ducks in postnatal ontogenesis: PhD (Bio) thesis]. Stavropol', 2010. 139 p. (In Russian)
7. *Natochin Yu.V.* Fil'tratsiya, reabsorbtsiya i sekreksiya v evolyutsii pochechnoy funktsii [Filtration, reabsorption and secretion in the evolution of renal function] // Zhurnal evolyutsionnoy biokhimii i fiziologii. 1977. Vol. 13, N5. Pp. 607–613. (In Russian)
8. Funktsional'naya morfologiya yadryshkoobrazuyushchikh rayonov khromosom i yadryshek v kletkakh linii mnozhestvennoy miyelomy cheloveka. I. Izmeneniye morfologii i kharaktera serebreniya yadryshkoobrazuyushchikh rayonov khromosom kletochnykh liniy RPMI 8226 i U266, razlichayushchikhsya po stepeni differentsirovki, na protyazhenii 7 sutok posle pereseva kletok [Functional morphology of the nucleolar organizer regions of chromosomes and nucleoli in the cells of the multiple myeloma line. I. Change in the morphology and nature of silvering of the nucleolar organizer regions of the chromosomes of the RPMI 8226 and U266 cell lines, differing in the degree of differentiation observed during 7 days after cell reseeded] / V.I. Turilova, T.D. Smirnova, M.P. Samoylovich, T.R. Sukhikh // Tsitologiya. 1998. Vol. 40, N6. Pp. 536–547. (In Russian)
9. *Shevchenko A.I.* Biologicheskiye osobennosti rosta i razvitiya indeyek [Biological features of the growth and development of turkeys] // Ptitsevodstvo. 2010. N7. Pp. 35–37. (In Russian)
10. Augmentation of the number of nucleolar organizer regions in human megakaryocyte cell lines after induction of polyploidization by a microtubule inhibitor / S. Baatout, B. Chatelain, P. Staquet, M. Symann, C. Chatelain // European journal of clinical investigation. 1998. Vol. 28, N2. Pp. 138–144. (In English)
11. *Braun E.J.* Glomerular filtration in birds – its control // Federation proceedings. 1982. Vol. 41, N8. Pp. 2377–2381. (In English)
12. Cellular proliferation, differentiation and apoptosis in polyether-polyurethane sponge implant model in mice / P.P. Campos, S.P. Andrade, L. Moro, M.A. Ferreira, A.C. Vasconcelos // Histology and histopathology. 2006. Vol. 21, N12. Pp. 1263–1270. (In English)
13. *Cooper G.M.* The Cell. A Molecular approach. 2nd ed. Sunderland (MA): Sinauer Associates, 2000. 625 p. (In English)

19. Correlation between silver-stained nucleolar organizer region area and cell cycle time / V. Canet, M.P. Montmasson, Y. Usson, F. Giroud, G. Brugal // *Cytometry*. 2001. Vol. 43, N2. Pp. 110–116. (In English)
20. Nucleolar organizer regions (NORs). Their significance in the determination of the origin of the lymphoid vessels / N. Papadopoulos, C. Simopoulos, A. Hatzimichael, A. Kotini, D. Tamiolakis // *Panminerva medica*. 2003. Vol. 45, N1. Pp. 63–77. (In English)
21. Nucleolar organizer regions: their significance in protein synthesis and consequent release of factors that attract immature lymphocytes in different types of thymic epitheliocytes and in different stages of thymic development / N. Papadopoulos A. Kotini M. Lambropoulou D. Tamiolakis // *Clinical and experimental obstetrics and gynecology*. 2002. Vol. 29, N1. Pp. 57–61. (In English)
22. Nucleolar organizer regions: their significance in the maturation of the gut-associated lymphoid tissue / D. Tamiolakis A. Kotini M. Lambropoulou I. Tolparidou N. Papadopoulos // *Clinical and experimental obstetrics and gynecology*. 2002. Vol. 29, N1. Pp. 69–72. (In English)

Трухачев Владимир Иванович – ректор, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, доктор экономических наук, профессор, академик РАН, ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет». Адрес: 355017, Россия, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12. Телефон: 8 865-235-22-82. Электронный адрес: inf@stgau.ru

Квочко Андрей Николаевич – заведующий кафедрой физиологии, хирургии и акушерства, доктор биологических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет». Адрес: 355017, Россия, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12. Телефон: +7918-750-35-79. Электронный адрес: kvochko@yandex.ru

Сапрунов Дмитрий Александрович – аспирант кафедры физиологии, хирургии и акушерства, ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет». Адрес: 355017, Россия, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12. Телефон: +7968-267-28-11. Электронный адрес: kvochko@yandex.ru

Данников Сергей Петрович – доцент кафедры физиологии, хирургии и акушерства, кандидат биологических наук, ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет». Адрес: 355017, Россия, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12. Телефон: +7962-001-23-50. Электронный адрес: ds.as@mail.ru

Криворучко Александр Юрьевич – профессор кафедры физиологии, хирургии и акушерства, доктор биологических наук, ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет». Адрес: 355017, Россия, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12. Телефон: +7918-881-43-27. Электронный адрес: gsvm@yandex.ru

Скрипкин Валентин Сергеевич – доцент кафедры физиологии, хирургии и акушерства, кандидат ветеринарных наук, доцент, ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет». Адрес: 355017, Россия, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12. Телефон: +7962-453-50-91. Электронный адрес: skripkinvs@mail.ru

Хоришко Петр Анатольевич – профессор кафедры физиологии, хирургии и акушерства, кандидат биологических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет». Адрес: 355017, Россия, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12. Телефон: +7906-470-57-28. Электронный адрес: horishko1954@mail.ru

Никитин Виктор Яковлевич – профессор кафедры физиологии, хирургии и акушерства, доктор ветеринарных наук, профессор, ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет». Адрес: 355017, Россия, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12. Телефон: +7905-497-51-63. Электронный адрес: akusherstvo.nikitin@yandex.ru

Vladimir I. Trukhachev – Rector, DSc (Ag), Professor, DSc (Econ), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Stavropol State Agrarian University. 355017, Russia, Stavropol, Zootekhnicheskij Per. Str., 12; phone: +7865-235-22-82; email: inf@stgau.ru

Andrey N. Kvochko – Head of the Department of Physiology, Surgery and Obstetrics, DSc (Bio) Sciences, Professor, Stavropol State Agrarian University. 355017, Russia, Stavropol, Zootekhnicheskij Per. Str., 12; phone: +7918-750-35-79; email: kvochko@yandex.ru

Dmitriy A. Saprunov – postgraduate student, the Department of Physiology, Surgery and Obstetrics, Stavropol State Agrarian University; Stavropol State Agrarian University. 355017, Russia, Stavropol, Zootekhnicheskij Per. Str., 12; phone: +7968-267-28-11; email: kvochko@yandex.ru

Sergey P. Dannikov – Associate Professor, the Department of Physiology, Surgery and Obstetrics, Candidate of Biological Sciences, Stavropol State Agrarian University, Stavropol State Agrarian University. 355017, Russia, Stavropol, Zootekhnicheskij Per. Str., 12; phone: +7962-001-23-50; email: ds.as@mail.ru

Aleksandr Yu. Krivoruchko – Professor, the Department of Physiology, Surgery and Obstetrics, DSc (Bio), Stavropol State Agrarian University; Stavropol State Agrarian University. 355017, Russia, Stavropol, Zootekhnicheskij Per. Str., 12; phone: +7918-881-43-27; email: revm@yandex.ru

Valentin S. Skripkin – Associate Professor, the Department of Physiology, Surgery and Obstetrics, Candidate of Biological Sciences, Stavropol State Agrarian University, Stavropol State Agrarian University. 355017, Russia, Stavropol, Zootekhnicheskij Per. Str., 12; phone: +7962-453-50-91; email: skripkinvs@mail.ru

Petr A. Khorishko – Professor, the Department of Physiology, Surgery and Obstetrics, Candidate of Biological Sciences, Stavropol State Agrarian University, Stavropol State Agrarian University. 355017, Russia, Stavropol, Zootekhnicheskij Per. Str., 12; phone: +7906-470-57-28; email: horishko1954@mail.ru

Viktor Ya. Nikitin – Professor, the Department of Physiology, Surgery and Obstetrics, DSc (Vet), Professor, Stavropol State Agrarian University. 355017, Russia, Stavropol, Zootekhnicheskij Per. Str., 12; phone: +7905-497-51-63; email: akusherstvo.nikitin@yandex.ru