

Животноводство и кормопроизводство. 2025. Т. 108. № 2. С. 19-29.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2025. Vol. 108. No. 2. P. 19-29.

Научная статья
УДК 636.082.4
doi:10.33284/2658-3135-108-2-19

**Развитие овариальных фолликулов у телок голштинской породы
при различных интервалах между сеансами OPU**

**София Сергеевна Белокурова¹, Роман Юрьевич Чинаров², Виктория Александровна Луканина³,
Галина Николаевна Сингина⁴**

^{1,2,3,4}Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста,
Дубровицы, Россия

¹sofialabs@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-2861-1834>

²roman_chinarov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6511-5341>

³kristybatle@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4744-7873>

⁴g_singina@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0198-9757>

Аннотация. В настоящее время трансвагинальная пункция овариальных фолликулов под ультразвуковым контролем (Ovum Pick-Up, OPU) – это основной метод получения ооцит-кумулюсных комплексов (ОКК) для коммерческого производства *in vitro* (IVP) эмбрионов крупного рогатого скота во мире. Проведение исследований по повышению результативности OPU/IVP способствует более широкому распространению и рентабельности этой технологии в животноводстве. Особую актуальность приобретает выявление факторов, влияющих на качество и количество извлекаемых ооцитов. Целью исследования явилось определение паттерна развития овариальных фолликулов яичников телок голштинской породы при различных интервалах между сеансами OPU во взаимосвязи с количественными и качественными характеристиками извлекаемых ооцит-кумулюсных комплексов. Исследования проводили в ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста на телках голштинской породы (n=7) в возрасте 23-24 месяцев, подвергшихся OPU в режиме дважды (1 группа; n=4) или один раз (2 группа; n=3) в неделю. Оценивали показатели за один день проведения OPU (4 и 3 сеанса соответственно). Доля аспирированных фолликулов от общего числа УЗИ-видимых фолликулов между группами не различалась (73,5 против 69,0 %). При интервале между сеансами OPU 4 суток по сравнению с 7 сутками наблюдалась тенденция увеличения доли малых фолликулов и увеличение доли дегенерированных ОКК. Результаты исследований после подтверждения на большей выборке животных могут быть использованы для оптимизации временных режимов проведения OPU, направленных на снижение доли дегенерированных ОКК, у телок-доноров голштинской породы.

Ключевые слова: телки-доноры, голштинская порода, OPU, размер фолликулов, качество ОКК

Благодарности: работа выполнена в соответствии с планом НИР за 2024-2026 гг. ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста (№ FGGN-2024-0014).

Для цитирования: Развитие овариальных фолликулов у телок голштинской породы при различных интервалах между сеансами OPU / С.С. Белокурова, Р.Ю. Чинаров, В.А. Луканина, Г.Н. Сингина // Животноводство и кормопроизводство. 2025. Т. 108. № 2. С. 19-29. [Belokurova SS, Chinarov RYu, Lukanina VA, Singina GN. Development of ovarian follicles in Holstein heifers at different intervals between OPU sessions. Animal Husbandry and Fodder Production. 2025;108(2):19-29. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-108-2-19>

Original article

Development of ovarian follicles in Holstein heifers at different intervals between OPU sessions

Sofia S Belokurova¹, Roman Yu Chinarov², Victoria A Lukanina³, Galina N Singina⁴

^{1,2,3,4}Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, Dubrovitsy, Russia

¹sofialabs@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-2861-1834>

²roman_chinarov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6511-5341>

³kristybatle@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4744-7873>

⁴g_singina@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0198-9757>

Abstract. Currently, transvaginal puncture of ovarian follicles under ultrasound control (Ovum Pick-Up, OPU) is the main method of obtaining oocyte-cumulus complexes (OCC) for the commercial production *in vitro* (IVP) of embryos of cattle worldwide. Conducting research to improve the effectiveness of OPU/IVP contributes to the wider dissemination and profitability of this technology in animal husbandry. Of particular relevance is the identification of factors that influence the quality and quantity of extracted oocytes. The purpose of the research was to determine the development pattern of ovarian follicles of Holstein heifers at various intervals between OPU sessions in relation to the quantitative and qualitative characteristics of the extracted oocyte-cumulus complexes. Research was carried out at the Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst on Holstein heifers (n=7) aged 23-24 months, subjected to OPU twice (1st group; n=4) or once (2nd group; n=3) a week. The indicators were evaluated for one day of OPU (4 and 3 sessions, respectively). The proportion of aspirated follicles out of the total number of ultrasound-visible follicles did not differ between groups (73.5 % vs. 69.0 %). When the interval between OPU sessions was 4 days compared to 7 days, there was a tendency for an increase in the proportion of small follicles and an increase in the proportion of degenerated OCCs. The research results, after confirmation on a larger sample of animals, can be used to optimize temporary OPU regimens aimed at reducing the proportion of degenerated OCCs in Holstein donor heifers.

Keywords: donor heifers, Holstein breed, OPU, follicle size, OCCs quality

Acknowledgments: the work was performed in accordance to the plan of research works for 2024-2026 of the FGBNU FRC VIZh named after Academy Member L.K. Ernst (No. FGGN-2024-0014).

For citation: Belokurova SS, Chinarov RYu, Lukanina VA, Singina GN. Development of ovarian follicles in Holstein heifers at different intervals between OPU sessions. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2025;108(2):19-29. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-108-2-19>

Введение.

В последние годы вспомогательные репродуктивные технологии в области скотоводства достигли значительного прогресса. Они доказали свою эффективность в коммерческой сфере, поскольку способствовали повышению репродуктивных показателей и увеличению числа потомков от генетически ценных особей крупного рогатого скота (Бабенков В.Ю. и др., 2023; Ferré LB et al., 2020). Трансплантация эмбрионов представляет собой эффективный способ генетического совершенствования скота, который получил широкое распространение во всем мире (Зиновьева Н.А. и др., 2020). Согласно данным Международного общества эмбриональных технологий (The International Embryo Technology Society, IETS), с 1998 по 2021 год количество IVP-эмбрионов возросло с 85,0 тысяч до более 1,5 миллионов, что в 3,9 раза превысило объем производства IVD-эмбрионов (Чинаров Р.Ю. и Луканина В.А., 2023), при этом 98,6 % IVP-эмбрионов получают из ооцитов, которые извлекаются с помощью трансвагинальной УЗИ-ассистированной пункции фолликулов (Ovum Pick-Up, OPU) (Viana JHM, 2022). Таким образом, OPU является ключевым источником ооцитов для массового производства IVP-эмбрионов коров на глобальном уровне (Чинаров Р.Ю., 2024.).

Любые попытки повышения результативности OPU/IVP могут способствовать более широкому распространению и рентабельности этой технологии в животноводстве (Sarvari A et al., 2024). На эффективность OPU влияют различные аспекты, среди которых технические и технологические параметры выполнения процедуры, фаза роста и развития фолликулов, на которой происходит забор ооцитов, а также применение или отсутствие гормональной стимуляции. Дополнительную роль играют как породные, так и индивидуальные особенности доноров (Чинаров Р.Ю., 2024; Sigard MA et al., 2018). Оптимальный размер фолликула является ключевым элементом в отношении отбора компетентных ооцитов при проведении OPU (Benedetti C et al., 2021). Он зависит от породы, физиологического статуса, протокола синхронизации, а также вида и дозы используемого ФСГ. Корректировка сроков OPU, максимизация идеальной популяции и размера фолликулов (>7 мм) приводит к изъятию более компетентных ооцитов, более подготовленных к завершению процесса созревания, достижению высоких показателей оплодотворения и увеличению количества жизнеспособных IVP-эмбрионов (Bó GA et al., 2019; Ongaratto FL et al., 2020; Seneda MM et al., 2020). Именно поэтому особую актуальность приобретает повышение результативности OPU/IVP в отношении количественных и качественных характеристик извлекаемых ооцитов (Ferré LB et al., 2023) во взаимосвязи с изучением развития овариальных фолликулов крупного рогатого скота при различных интервалах между сеансами OPU.

Цель исследования.

Определение паттерна развития овариальных фолликулов яичников телок голштинской породы при различных интервалах между сеансами OPU во взаимосвязи с количественными и качественными характеристиками извлекаемых ооцит-кумулюсных комплексов.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Телки голштинской породы в возрасте 23-24 месяцев, имеющие нормальную упитанность.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями нормативных актов: протоколы Женевской конвенции и принципы надлежащей лабораторной практики (Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 53434-2009). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Исследования выполняли в ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста в 2024 г. Телки голштинской породы содержались беспривязно в условиях экспериментальной фермы ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста. Телки (n=7) были разделены на две группы в зависимости от режима проведения OPU: 1 группа (n=4) подвергалась OPU дважды в неделю, 2 группа (n=3) – один раз в неделю. Интервал по отношению к предыдущему дню проведения OPU в 1-й и 2-й группах составил соответственно 4 и 7 суток. В рамках исследования оценивали показатели на 6-ой неделе эксперимента, что соответствовало 11-му сеансу OPU в режиме два раза в неделю в 1 группе и 6-му сеансу OPU в режиме один раз в неделю – во 2 группе. Развитие овариальных фолликулов яичников оценивали на основании анализа видеоизображений ультрасонографических исследований, полученных непосредственно перед проведением сеанса OPU. Измерение площади и диаметра фолликулов проводили в программе для просмотра и анализа медицинских изображений стандарта DICOM Vidar Dicom Viewer (ООО «ПО ВИДАР», Россия). Исходя из среднего диаметра, фолликулы разделяли на классы: малые – диаметр менее 4 мм, средние – диаметр от 4 до 8 мм и большие – диаметр 8 мм и более. В экспериментальных группах определяли количество, процентное распределение и размер фолликулов разных классов, количество и долю аспирированных фолликулов, количество полученных ОКК и степень извлечения. Полученные ОКК по результатам оценки морфологических характеристик (Сингина Г.Н. и др., 2023) делили на три класса: хорошие, средние и дегенерированные.

Оборудование и технические средства. Исследования проводили в лаборатории эмбриональных технологий ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста. Для проведения аспирации фолликулов использовали систему для ОПУ у крупного рогатого скота (Minitube, Германия), в комплект которой входит ультразвуковой сканер Versana Active, ультразвуковой секторный зонд с частотой 5 МГц (Aloka UST-9111-5, 5 МГц/90°/14 мм) с держателем и насос для аспирации фолликулов, забора ооцитов. Для поиска ооцитов использовали стереомикроскоп (Nikon, Япония).

Статистическая обработка полученных данных. Для статистической обработки данных использовали «Microsoft Excel» («Microsoft», США). Для определения достоверности выявленных различий между группами проводили расчет непараметрического критерия Манна-Уитни для двух независимых выборок. Дополнительно проводили расчет стандартных ошибок наряду со средними значениями для лучшего понимания полученных цифровых значений. Минимальный порог достоверности был установлен на уровне $P \geq 0,05$.

Результаты исследований.

Данные о количестве и распределении фолликулов яичников по классам в зависимости от интервала между сеансами ОПУ, проведенными на телках голштинской породы, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Количество и распределение овариальных фолликулов разных классов в зависимости от интервала между сеансами ОПУ

Table 1. The number and distribution of ovarian follicles of different classes depending on the interval between OPU sessions

Интервал / <i>Interval</i>	Показатель / <i>Indices</i>	Распределение фолликулов по классам / <i>Distribution of follicles by class</i>			
		всего / <i>In total</i>	в том числе: / <i>Including:</i>		
			малые / <i>Small</i>	средние / <i>Medium</i>	большие / <i>Large</i>
4 сут / <i>4 days</i>	$M \pm m$ %	12,25±1,93	8,50±2,60 69,4	3,00±1,08 24,5	0,75±0,25 6,1
7 сут / <i>7 days</i>	$M \pm m$ %	9,67±1,20	4,33±0,88 44,8	4,00±0,58 41,4	1,33±0,33 13,8

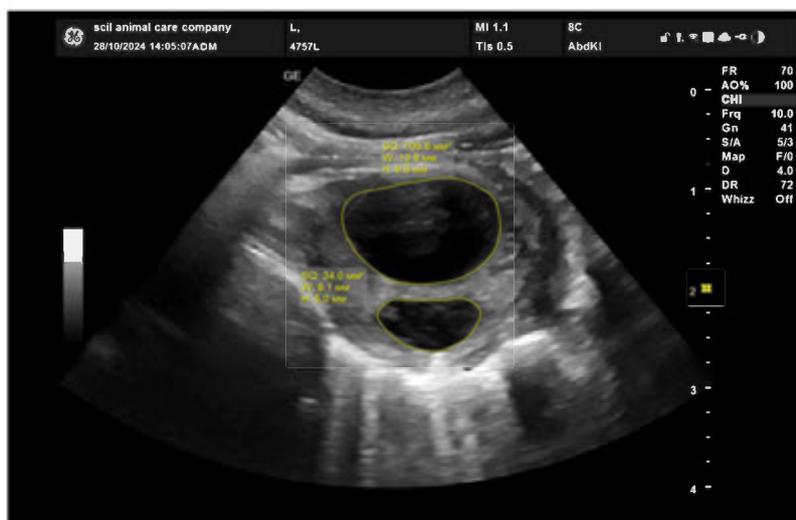
Примечание: М – среднее значение; m – стандартная ошибка; $P \geq 0,05$ (на основании расчета непараметрического критерия Манна-Уитни)

Note: M – average value; m – standard error; $p \geq 0.05$ (based on the calculation of the non-parametric Mann-Whitney test)

Как следует из данных, приведенных в таблице 1, мы наблюдали тенденцию увеличения на 26,7 % среднего числа УЗИ-видимых фолликулов при сокращении интервала между сеансами ОПУ с 7 до 4 суток (с 9,67 до 12,25 фолликулов). Такое увеличение достигалось увеличением на 96,3 % числа фолликулов малого размера (с 4,33 до 8,50 фолликулов), в то время как число фолликулов среднего и большого размера, напротив, снижалось с 4,00 до 3,00 и с 1,33 до 0,75 фолликулов соответственно.

Замеры площади и диаметра УЗИ-видимых фолликулов яичников у телок голштинской породы в программе Vidar Dicom Viewer проиллюстрированы на рисунке 1.

Результаты анализа измерений фолликулов яичников телок голштинской породы приведены в таблице 2.



Примечание: SQ – площадь (мм^2), W – больший диаметр (мм), H – меньший диаметр (мм)
 Note: SQ – area (мм^2), W – larger diameter (mm), H – smaller diameter (mm)

Рисунок 1. Проведение измерения площади и диаметра фолликулов яичников у телки голштинской породы

Figure 1. Measuring the areas and diameters of ovarian follicles in a Holstein heifer

Таблица 2. Размеры овариальных фолликулов разных классов при различных интервалах между сеансами ОПУ

Table 2. Ovarian follicle sizes of different classes at different intervals between OPU sessions

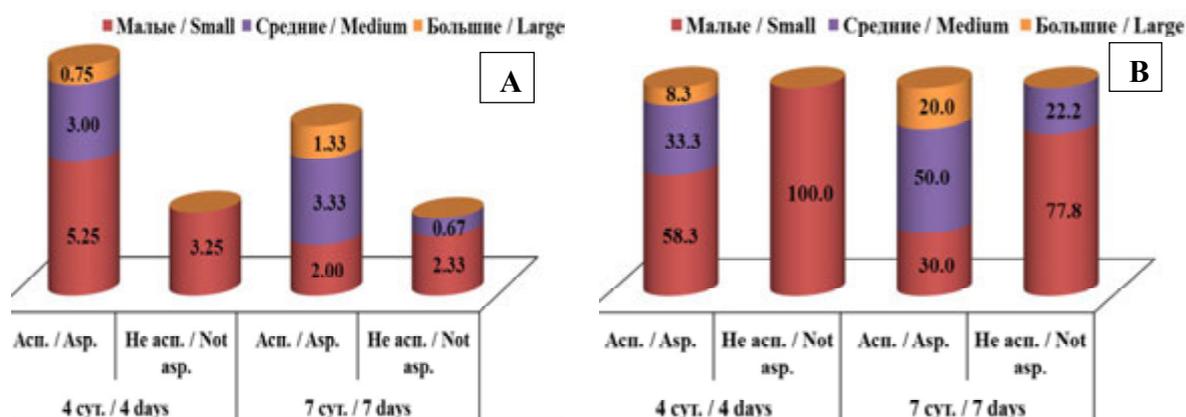
Интервал / Interval	Показатель / Indices	Размеры фолликулов разных классов / Follicle sizes of different classes ($M \pm m$)		
		малые / Small	средние / Medium	большие / Large
4 сут / 4 days	Площадь, мм^2 / Area, мм^2	5,5 \pm 0,4	24,5 \pm 2,6	83,5 \pm 25,2
	Диаметр, мм / Diameter, mm	2,7 \pm 0,1	5,8 \pm 0,3	10,4 \pm 1,4
7 сут / 7 days	Площадь, мм^2 / Area, мм^2	6,9 \pm 0,5	24,1 \pm 3,1	120,4 \pm 34,3
	Диаметр, мм / Diameter, mm	3,1 \pm 0,1	5,6 \pm 0,4	12,2 \pm 1,6

Примечание: M – среднее значение; m – стандартная ошибка; $p > 0,05$ (на основании расчета непараметрического критерия Манна-Уитни)

Note: M – average value; m – standard error; $p > 0.05$ (based on the calculation of the non-parametric Mann-Whitney test)

Как показано в таблице 2, при сокращении интервала между сеансами с 7 до 4-х суток наблюдалась тенденция снижения диаметра фолликулов малого размера с 3,1 до 2,7 мм. По всей видимости, это связано с тем, что на 4-ые сутки после начала новой фолликулярной волны, вызванной аспирацией всех видимых фолликулов при проведении предыдущего сеанса ОПУ, выделяющаяся когорта фолликулов еще находится на промежуточной стадии роста, в то время как на 7-ые сутки когорта фолликулов уже завершила свое развитие, и началась стадия селекции доминантного фолликула, о чем свидетельствует наличие в яичниках фолликулов большего диаметра (12,2 во 2-ой группе против 10,4 мм – в 1-ой группе).

Доля аспирированных фолликулов от общего числа УЗИ-видимых фолликулов между группами не различалась (73,5 % – в 1 группе против 69,0 % – во 2 группе). Результаты сравнительного анализа количества и процентного распределения аспирированных и не аспирированных фолликулов яичников по классам при различных интервалах между сеансами ОПУ показаны на рисунке 2.



Примечание: ось X – аспирированные (Асп.) и не аспирированные (Не асп.) фолликулы при различных интервалах между сеансами OPU: 4 суток и 7 суток; ось Y – число фолликулов разных классов (A); распределение фолликулов (%) разных классов (B)

Note: X-axis – aspirated (Asp) and non-aspirated (Not asp.) follicles at different intervals between OPU sessions: 4 days and 7 days; Y-axis - number of follicles of different classes (A); distribution of follicles (%) of different classes (B)

Рисунок 2. Количество (A) и распределение (B) аспирированных и не аспирированных фолликулов разных классов при различных интервалах между сеансами OPU

Figure 2. The number (A) and distribution (B) of aspirated and non-aspirated follicles of different classes at different intervals between OPU sessions

Из полученных данных следует, что в 1 группе все не аспирированные фолликулы были малыми – 3,25 (100,0 %), при этом большее количество аспирированных фолликулов также имели малый размер – 5,25, что составило 58,3 % от общего числа фолликулов в этой группе доноров. Меньше всего было аспирировано фолликулов большого размера – 0,75 (8,3 %). Во 2 группе среди не аспирированных фолликулов наблюдались фолликулы малого – 2,33 (77,8 %) и среднего – 0,67 (22,2 %) размеров. В это же время большее количество аспираций приходилось на фолликулы среднего размера – 3,33 (50,0 %), меньшее – на фолликулы большого размера – 1,33 (20,0 %).

Были определены количество и распределение ооцит-кумулясных комплексов (ОКК) разных классов в зависимости от интервала между сеансами OPU (табл. 3).

Таблица 3. Количество и распределение ОКК разных классов в зависимости от интервала между сеансами OPU

Table 3. The number and distribution of OCC of different classes depending on the interval between OPU sessions

Интервал / Interval	Показатель / Indices	Распределение ОКК по классам / Distribution of OCC by class			
		всего / In total	в том числе: / Including:		
			хорошие / Good	удовлетворительные / Satisfactory	дегенерированные / Degenerated
4 сут. / 4 days	M±m %	4,50±1,26	0,25±0,25 5,56	2,00±0,82 44,44	2,25±0,85 50,00
7 сут. / 7 days	M±m %	3,33±1,45	0,67±0,67 20,00	2,00±0,58 60,00	0,67±0,33 20,00

Примечание: M – среднее значение; m – стандартная ошибка

Note: M – average value; m – standard error

Сравнение количества и процентного распределения ОКК разных классов в зависимости от временного режима использования телок-доноров голштинской породы показало, что в 1 группе, подвергшейся ОРУ через 4 суток, по сравнению со 2 группой, в которой сеансы ОРУ выполнялись через 7 суток, отмечалось снижение числа ОКК хорошего качества в 2,7 раза в среднем с 0,67 до 0,25 ОКК, в то время как число дегенерированных ОКК, напротив, увеличилось в 3,4 раза с 0,67 до 2,25 ОКК.

Обсуждение полученных результатов.

Размер фолликула является ключевым элементом в отношении отбора компетентных ооцитов (Benedetti C et al., 2021). Так, у коров *Bos indicus* ооциты, полученные из фолликулов размером более 6 мм, обладали лучшей способностью к развитию эмбрионов *in vitro* (Sarwar Z et al., 2020). Ооциты, полученные при проведении ОРУ у коров, приобретали компетенцию к развитию при диаметре ооцита более 110 мкм, что коррелирует с размером фолликула более 3 мм. Ооциты размером менее 100 мкм, происходящие из фолликулов размером менее 1 мм, были неспособны созреть *in vitro*. Тем не менее, было обнаружено, что ооциты размером более 120 мкм, собранные из фолликулов размером ≥ 4 мм, были способны достигать стадии метафазы второго деления мейоза (Fry RC, 2020). Было отмечено, что компетенция к развитию выше у ооцитов, которые были извлечены из более крупных фолликулов. Процентная доля IVP-эмбрионов, полученных из ооцитов при проведении трансвагинальной аспирации овариальных фолликулов под ультразвуковым контролем, также положительно коррелировала с диаметром фолликулов (Baldassarre H et al., 2018). Стоит заметить, что качество изъятых ооцитов может снижаться и при изменении частоты проведения сеансов ОРУ с одного до двух раз в неделю, несмотря на одновременное увеличение количества УЗИ-видимых фолликулов (Сингина Г.Н. и др., 2024).

В данной работе в ходе сравнительных исследований количества и процентного распределения ОКК по классам качества в двух опытных группах, подвергшихся аспирации овариальных фолликулов посредством ОРУ с интервалом 4 суток (1 группа) и 7 суток (2 группа), было отмечено получение на 1,17 ооцитов больше (35,1 %; $P \geq 0,05$) в 1 группе по сравнению со 2 группой. При этом в 1 группе качество полученных ОКК было, напротив, заметно ниже: на долю дегенерированных ОКК приходилось 50,00 % против 20 % во 2 группе. Анализ количества и процентного распределения аспирированных фолликулов по классам показал, что в 1 группе популяция фолликулов была представлена, в основном, фолликулами малого размера (58,3 %), в то время как во 2 группе на долю фолликулов этого класса приходилось 30,0 % от общего числа фолликулов. По всей видимости, при проведении трансвагинальной аспирации овариальных фолликулов с интервалом 4 суток фолликулы не успевают достигнуть оптимального размера (≥ 4 мм), вследствие чего среди извлеченных ОКК преобладают дегенерированные ооциты. Также следует отметить, что наличие большого количества дегенерированных ооцитов, возможно, связано с тем, что повышение кратности ОРУ с одного до двух раз в неделю приводит к увеличению числа атретичных фолликулов.

Проведенные исследования на телках голштинской породы показали, что увеличение интервала между сеансами ОРУ с 4 до 7 суток приводит к снижению числа и доли фолликулов малого размера (менее 4 мм) и снижению числа и доли дегенерированных ооцитов, что согласуется с результатами исследований других авторов.

Заключение.

Результаты исследований после подтверждения на большей выборке животных могут быть использованы для оптимизации временных режимов проведения ОРУ, направленных на снижение доли дегенерированных ОКК, у телок-доноров голштинской породы.

Список источников

1. Зиновьева Н.А., Полябин С.В., Чинаров Р.Ю. Вспомогательные репродуктивные технологии: история становления и роль в развитии генетических

технологий в скотоводстве (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55. № 2. С. 225-242. [Zinovieva NA, Pozyabin SV, Chinarov RYu. Assisted reproductive technologies: the history and the role in the development of genetic technologies in cattle breeding (review). Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]. 2020;55(2):225-242. (In Russ.)]. doi: 10.15389/agrobiol.2020.2.225rus doi: 10.15389/agrobiol.2020.2.225eng

2. Результаты выделения ооцитов и получения IVP эмбрионов у тёлочек истобенской породы в зависимости от режима проведения OPU / Г.Н. Сингина, Р.Ю. Чинаров, Е.Н. Шедова, В.А. Луканина, А.С. Жукова // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107. № 4. С. 283-294. [Singina GN, Chinarov RYu, Shedova EN, Lukanina VA, Zhukova AS. Results of oocyte isolation and obtaining IVP embryos from heifers of Istoben breed depending on OPU regimen. Animal Husbandry and Fodder Production. 2024;107(4):283-294. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-107-4-283

3. Роль репродуктивных биотехнологий в воспроизводстве и сохранении генофонда редких и исчезающих пород крупного рогатого скота / В.Ю. Бабенков, Н.В. Чимидова, А.И. Хахлинов, А.В. Убушиева, В.И. Манжиев // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 1. С. 67-76. [Babenkov VYu, Chimidova NV, Khakhlinov AI, Ubushieva AV, Manjiev VI. The role of reproductive biotechnologies in the reproduction and preservation of the gene pool of rare and endangered breeds of cattle. Animal Husbandry and Fodder Production. 2023;106(1):67-76. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-106-1-67

4. Сингина Г.Н., Чинаров Р.Ю., Шедова Е.Н. Влияние количества повторяющихся процедур OPU на эффективность получения *in vitro* эмбрионов у ярославской породы крупного рогатого скота // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37. № 11. С. 59-64. [Singina GN, Chinarov RYu, Shedova EN. Effect of the number of repeated OPU procedures on the efficiency of *in vitro* embryo production in Yaroslavl breed of cattle. Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2023;37(11):59-64. (In Russ.)]. doi: 10.53859/02352451_2023_37_11_59

5. Чинаров Р.Ю. Развитие технологии прижизненного получения ооцитов у коров: современное состояние и направления исследований (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2024. Т. 59. № 2. С. 194-220. [Chinarov RYu. Developing the ovum pick-up technology in cattle: state-of-the-art and research directions. Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]. 2024;59(2):194-220. (In Russ.)]. doi: 10.15389/agrobiol.2024.2.194rus doi: 10.15389/agrobiol.2024.2.194eng

6. Чинаров Р.Ю., Луканина В.А. Производство эмбрионов крупного рогатого скота с использованием прижизненно получаемых ооцитов: мировые тренды и перспективы (обзор) // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37. № 9. С. 31-38. [Chinarov RYu, Lukanina VA. Production of bovine embryos using oocytes collected by ovum pick-up: world trends and perspectives (review). Achievements of Science and Technology in Agroindustrial Complex. 2023;37(9):31-38. (In Russ.)]. doi: 10.53859/02352451_2023_37_9_31

7. Baldassarre H, Currin L, Michalovic L, Bellefleur AM, Gutierrez K, Mondadori RG, Glanzner WG, Schuermann Y, Bohrer RC, Dicks N, Lopez R, Grand FX, Vigneault C, Blondin P, Gourdon J, Bordignon V. Interval of gonadotropin administration for *in vitro* embryo production from oocytes collected from Holstein calves between 2 and 6 months of age by repeated laparoscopy. Theriogenology. 2018;116:64-70. doi: 10.1016/j.theriogenology.2018.05.005

8. Benedetti C, Azari Dolatabad N, Fernandez Montoro A, Angel Velez D, Bogado Pascottini O, Pavani K, Smits K, Van Soom A. Effect of follicle characteristics on bovine *in vitro* embryo development. Reprod Fertil Dev. 2021;34(2):307-308. doi: 10.1071/RDv34n2Ab139

9. Bó GA, Cedeño A, Mapletoft RJ. Strategies to increment *in vivo* and *in vitro* embryo production and transfer in cattle. Anim Reprod. 2019;16(3):411-422. doi: 10.21451/1984-3143-AR2019-0042

10. Ferré LB, Alvarez-Gallardo H, Romo S, Fresno C, Stroud T, Stroud B, Lindsey B, Kjelland ME. Transvaginal ultrasound-guided oocyte retrieval in cattle: State-of-the-art and its impact on the *in vitro* fertilization embryo production outcome. Reprod Domest Anim. 2023;58(3):363-378. doi: 10.1111/rda.14303

11. Ferré LB, Kjelland ME, Strobech LB, Hyttel P, Mermillod P, Ross PJ. Review: Recent advances in bovine in vitro embryo production: reproductive biotechnology history and methods. *Animal*. 2020;14(5):991-1004. doi: 10.1017/S1751731119002775
12. Fry RC. Gonadotropin priming before OPU: What are the benefits in cows and calves? *Theriogenology*. 2020;150:236-240. doi: 10.1016/j.theriogenology.2020.01.068
13. Ongaratto FL, Cedeño AV, Rodriguez-Villamil P, Tribulo A, Bó GA. Effect of FSH treatment on cumulus oocyte complex recovery by ovum pick up and in vitro embryo production in beef donor cows. *Animal Reproduction Science*. 2020; 214:1-6. doi: 10.1016/j.anireprosci.2020.106274
14. Sarvari A, Niasari-Naslaji A, Shirazi A, Heidari B, Boroujeni SB, Moradi MH, Naderi MM, Behzadi B, Mehrazar MM, Dehghan MM. Effect of intra-ovarian injection of mesenchymal stem cells or its conditioned media on repeated OPU-IVEP outcomes in jersey heifers and its relationship with follicular fluid inflammatory markers. *Avicenna J Med Biotechnol*. 2024;16(1):16-28. doi: 10.18502/ajmb.v16i1.14167
15. Sarwar Z, Saad M, Saleem M, Husnain A, Riaz A, Ahmad N. Effect of follicle size on oocytes recovery rate, quality, and in-vitro developmental competence in *Bos indicus* cows. *Anim Reprod*. 2020;17(3):e20200011. doi: 10.1590/1984-3143-AR2020-0011
16. Seneda MM, Zangirolamo AF, Bergamo LZ, Morotti F. Follicular wave synchronization prior to ovum pick-up. *Theriogenology*. 2020;150:180-185. doi: 10.1016/j.theriogenology.2020.01.024
17. Sirard MA, Grand FX, Labrecque R, Vigneault C, Blondin P. ASAS-SSR Triennial Reproduction Symposium: The use of natural cycle's follicular dynamic to improve oocyte quality in dairy cows and heifers. *J Anim Sci*. 2018;96(7):2971-2976. doi: 10.1093/jas/sky050
18. Viana JHM. 2021 Statistics of embryo production and transfer in domestic farm animals. *Embryo Technology Newsletter*. 2022;40(4):22-40.

References

1. Zinovieva NA, Pozyabin SV, Chinarov RYu. Assisted reproductive technologies: the history and the role in the development of genetic technologies in cattle breeding (review). *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]*. 2020;55(2):225-242. doi: 10.15389/agrobiology.2020.2.225eng
2. Singina GN, Chinarov RYu, Shedova EN, Lukanina VA, Zhukova AS. Results of oocyte isolation and obtaining IVP embryos from heifers of Istoben breed depending on OPU regimen. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(4):283-294. doi: 10.33284/2658-3135-107-4-283
3. Babenkov VYu, Chimidova NV, Khakhlinov AI, Ubushieva AV, Manjiev VI. The role of reproductive biotechnologies in the reproduction and preservation of the gene pool of rare and endangered breeds of cattle. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(1):67-76. doi: 10.33284/2658-3135-106-1-67
4. Singina GN, Chinarov RY, Shedova EN. Effect of the number of repeated OPU procedures on the efficiency of in vitro embryo production in Yaroslavl breed of cattle. *Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*. 2023;37(11):59-64. doi: 10.53859/02352451_2023_37_11_59
5. Chinarov RYu. Developing the ovum pick-up technology in cattle: state-of-the-art and research directions. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]*. 2024;59(2):194-220. doi: 10.15389/agrobiology.2024.2.194eng
6. Chinarov RYu, Lukanina VA. Production of bovine embryos using oocytes collected by ovum pick-up: world trends and perspectives (review). *Achievements of science and technology in agroindustrial complex*. 2023;37(9):31-38. doi: 10.53859/02352451_2023_37_9_31
7. Baldassarre H, Currin L, Michalovic L, Bellefleur AM, Gutierrez K, Mondadori RG, Glanzner WG, Schuermann Y, Bohrer RC, Dicks N, Lopez R, Grand FX, Vigneault C, Blondin P, Gourdon J, Bordignon V. Interval of gonadotropin administration for in vitro embryo production from

oocytes collected from Holstein calves between 2 and 6 months of age by repeated laparoscopy. *Theriogenology*. 2018;116:64-70. doi: 10.1016/j.theriogenology.2018.05.005

8. Benedetti C, Azari Dolatabad N, Fernandez Montoro A, Angel Velez D, Bogado Pascottini O, Pavani K, Smits K, Van Soom A. 139 effect of follicle characteristics on bovine in vitro embryo development. *Reprod Fertil Dev*. 2021;34(2):307-308. doi: 10.1071/RDv34n2Ab139

9. Bó GA, Cedeño A, Mapletoft RJ. Strategies to increment in vivo and in vitro embryo production and transfer in cattle. *Anim Reprod*. 2019;16(3):411-422. doi: 10.21451/1984-3143-AR2019-0042

10. Ferré LB, Alvarez-Gallardo H, Romo S, Fresno C, Stroud T, Stroud B, Lindsey B, Kjelland ME. Transvaginal ultrasound-guided oocyte retrieval in cattle: State-of-the-art and its impact on the in vitro fertilization embryo production outcome. *Reprod Domest Anim*. 2023;58(3):363-378. doi: 10.1111/rda.14303

11. Ferré LB, Kjelland ME, Strobech LB, Hyttel P, Mermillod P, Ross PJ. Review: Recent advances in bovine in vitro embryo production: reproductive biotechnology history and methods. *Animal*. 2020;14(5):991-1004. doi: 10.1017/S1751731119002775

12. Fry RC. Gonadotropin priming before OPU: What are the benefits in cows and calves? *Theriogenology*. 2020;150:236-240. doi: 10.1016/j.theriogenology.2020.01.068

13. Ongaratto FL, Cedeño AV, Rodriguez-Villamil P, Tríbulo A, Bó GA. Effect of FSH treatment on cumulus oocyte complex recovery by ovum pick up and in vitro embryo production in beef donor cows. *Animal Reproduction Science*. 2020; 214:1-6. doi: 10.1016/j.anireprosci.2020.106274

14. Sarvari A, Niasari-Naslaji A, Shirazi A, Heidari B, Boroujeni SB, Moradi MH, Naderi MM, Behzadi B, Mehrazar MM, Dehghan MM. Effect of intra-ovarian injection of mesenchymal stem cells or its conditioned media on repeated OPU-IVEP outcomes in jersey heifers and its relationship with follicular fluid inflammatory markers. *Avicenna J Med Biotechnol*. 2024;16(1):16-28. doi: 10.18502/ajmb.v16i1.14167

15. Sarwar Z, Saad M, Saleem M, Husnain A, Riaz A, Ahmad N. Effect of follicle size on oocytes recovery rate, quality, and in-vitro developmental competence in *Bos indicus* cows. *Anim Reprod*. 2020;17(3):e20200011. doi: 10.1590/1984-3143-AR2020-0011

16. Seneda MM, Zangirolamo AF, Bergamo LZ, Morotti F. Follicular wave synchronization prior to ovum pick-up. *Theriogenology*. 2020;150:180-185. doi: 10.1016/j.theriogenology.2020.01.024

17. Sirard MA, Grand FX, Labrecque R, Vigneault C, Blondin P. ASAS-SSR Triennial Reproduction Symposium: The use of natural cycle's follicular dynamic to improve oocyte quality in dairy cows and heifers. *J Anim Sci*. 2018;96(7):2971-2976. doi: 10.1093/jas/sky050

18. Viana JHM. 2021 Statistics of embryo production and transfer in domestic farm animals. *Embryo Technology Newsletter*. 2022;40(4):22-40.

Информация об авторах:

София Сергеевна Белокурова, аспирант, специалист лаборатории эмбриональных технологий, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, 142132, Московская обл., г.о. Подольск, пос. Дубровицы, 60, тел.: +79204590205.

Роман Юрьевич Чинаров, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник лаборатории эмбриональных технологий, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, 142132, Московская обл., г.о. Подольск, пос. Дубровицы, 60, тел.: +74967651163.

Виктория Александровна Луканина, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории эмбриональных технологий, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, 142132, Московская обл., г.о. Подольск, пос. Дубровицы, 60, тел.: +74967651163.

Галина Николаевна Сингина, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории эмбриональных технологий, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, 142132, Московская обл., г.о. Подольск, пос. Дубровицы, 60, тел.: +79851434552.

Information about the authors:

Sofia S Belokurova, post-graduate student, specialist at the Laboratory of Embryonic Technologies, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, Moscow region, Podolsk, Dubrovitsy village, 60, 142132, tel.: +79204590205.

Roman Yu Chinarov, Cand. Sci. (Veterinary), Senior Researcher at the Laboratory of Embryonic Technologies, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, Moscow region, Podolsk, Dubrovitsy village, 60, 142132, tel.: +74967651163.

Victoria A Lukanina, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher at the Laboratory of Embryonic Technologies, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, Moscow region, Podolsk, Dubrovitsy village, 60, 142132, tel.: +74967651163.

Galina N Singina, Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher at the Laboratory of Embryonic Technologies, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, Moscow region, Podolsk, Dubrovitsy village, 60, 142132, tel.: +79851434552.

Статья поступила в редакцию 03.12.2024; одобрена после рецензирования 27.12.2024; принята к публикации 16.06.2025.

The article was submitted 03.12.2024; approved after reviewing 27.12.2024; accepted for publication 16.06.2025.