

УДК 57.02; 576.31; 576.367; 616-091.818; 619

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ У ПЕСЦОВ, *VULPES LAGOPUS* (LINNAEUS, 1758), POST-MORTEM

М. А. Перевозчикова*, **И. А. Домский**, **А. А. Сергеев**,
Ю. А. Березина, **О. Ю. Беспярых**, **А. С. Сюткина**

*Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства
и звероводства имени профессора Б. М. Житкова (ул. Преображенская, 79, Киров,
Россия, 610000), *mperevozchikova@mail.ru*

Представлены результаты экспериментальных исследований изменений гематологических параметров у песцов (*Vulpes lagopus* (Linnaeus, 1758)), происходящих в первые сутки после смерти животных. Образцы крови вуалевых песцов (самцы в возрасте 7 месяцев, $n = 35$) были взяты при жизни и постмортально спустя 1, 3, 6, 12 и 24 часа после убоя. Общепринятыми методами определяли общее количество эритроцитов, концентрацию гемоглобина, гематокрит, средний объем эритроцитов, среднее содержание и концентрацию гемоглобина в эритроците, относительную ширину распределения эритроцитов по объему, средний объем тромбоцитов, относительную ширину распределения тромбоцитов по объему, тромбоциты, общее количество тромбоцитов, общее количество лейкоцитов, лейкоцитарную формулу, а также параметры эритроцитов (площадь, периметр, диаметр, толщину, индекс сферичности). Показано, что параметры крови, полученной при жизни и в первые 3 часа после смерти, идентичны и не утрачивают значения для диагностики физиологического состояния животного, выявления патологий крови, установления влияния факторов окружающей среды. В постмортальной крови через 6 часов достоверно ($p < 0,05$) снижается количество сегментоядерных нейтрофилов и за счет этого происходит сдвиг в лейкоцитарной формуле в сторону лимфоцитов. Количество палочкоядерных нейтрофилов и эозинофилов не изменяется. Через 6 часов после смерти встречаются единичные разрушенные нейтрофилы, а через 12 часов происходит их достоверное ($p < 0,05$) снижение. Установлена идентичность параметров эритроцитов прижизненной и постмортальной крови песцов в первые 3 часа после смерти. Через 6 часов отмечены достоверные ($p < 0,05$) отличия между прижизненными и постмортальными образцами в площади, периметре, диаметре и индексе сферичности эритроцита. При определении количества эритроцитов на одно поле зрения микроскопа и изучении параметров этих клеток в прижизненных и постмортальных образцах крови установлено, что в мазках из постмортальной крови сложнее найти пригодные поля зрения по причине их худшего качества для идентификации и морфометрии по сравнению с образцами от живых животных. Таким образом, представляется необходимым исследовать большее количество полей зрения для получения достоверных результатов. Полученные данные свидетельствуют, что периферическую постмортальную кровь можно использовать как для изучения прижизненных показателей, так и для оценки постмортального интервала у млекопитающих.

Ключевые слова: кровь; псовые; постморальные изменения; эритроциты; гематологические параметры

Для цитирования: Перевозчикова М. А., Домский И. А., Сергеев А. А., Березина Ю. А., Беспятых О. Ю., Сюткина А. С. Исследование гематологических параметров у песцов, *Vulpes lagopus* (Linnaeus, 1758), post-mortem // Труды Карельского научного центра РАН. 2023. № 7. С. 83–96. doi: 10.17076/eb1743

Финансирование. Исследования выполнены в 2021 году в соответствии с программой фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021–2030 гг.), утвержденной распоряжением Правительства РФ от 31 декабря 2020 г. № 3684-р, составляющей основу государственного задания ВНИИОЗ, тема «Разработка технологий содержания, кормления, разведения, профилактики и лечения заболеваний клеточных пушных зверей и охотничьих животных, содержащихся в неволе, полувольных условиях или в искусственно созданной среде обитания» (FZSS-2019-0002).

M. A. Perevozchikova*, I. A. Domskiy, A. A. Sergeev, Yu. A. Berezina, O. Yu. Bespyatykh, A. S. Syutkina. A STUDY OF POST-MORTEM HEMATOLOGICAL PARAMETERS OF ARCTIC FOXES, *VULPES LAGOPUS* (LINNAEUS, 1758)

*Professor Zhitkov Federal State Budgetary Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming (79 Preobrazhenskaya St., 610000 Kirov, Russia), *mperevozchikova@mail.ru*

The results of experimental studies of changes in blood hematological parameters of Arctic foxes (*Vulpes lagopus* (Linnaeus, 1758)) occurring in the first 24 hours after death are presented. In vivo blood samples were taken from 7-months-old male Arctic foxes (veil color) (n = 35), and then postmortem blood samples were taken from the bodies of the animals 1, 3, 6, 12 and 24 hours after death. In each blood sample, the total red blood cell count, hemoglobin concentration, hematocrit, mean red blood cell volume, mean hemoglobin content and concentration per red blood cell, red blood cell distribution width (RDW-CV), mean platelet volume, platelet distribution width, plateletcrit, total platelet count, total leukocyte count, the leukocyte formula, as well as the parameters of red blood cells (area, perimeter, diameter, thickness, sphericity index). The study showed that the morphometric parameters of the blood drawn from a living animal and from its corpse within the first 3 hours after death were identical and retained their significance for diagnosing the physiological state of the animal, identifying pathologies and impacts of environmental factors. Post-mortem blood 6 hours after death underwent a significant decrease ($p < 0.05$) in the number of segmented neutrophils so that the leukocyte formula shifted towards lymphocytes. The number of rod-shaped neutrophils and eosinophils did not change. Six hours after death, there appeared singular degraded neutrophil, and their significant decline ($p < 0.05$) occurred after 12 hours. The parameters of red blood cells in intra-vital and post-mortem blood of Arctic foxes remained identical in the first 3 hours after death. After 6 hours, the area, perimeter, diameter, and sphericity index of red blood cells differed significantly ($p < 0.05$) between the samples taken intra-vital vs post-mortem. It is more difficult to find visual fields suitable for measurement in microscopic examination of red blood cells from cadaveric blood. Apparently, a larger number of visual fields have to be examined to obtain reliable results. Our results indicate that peripheral post-mortem blood can be used both for studying intra-vital parameters and for assessing the post-mortem interval in mammals.

Keywords: blood; canines; post-mortem changes; erythrocytes; hematological parameters

For citation: Perevozchikova M. A., Domskiy I. A., Sergeev A. A., Berezina Yu. A., Bespyatykh O. Yu., Syutkina A. S. A study of post-mortem hematological parameters of Arctic foxes, *Vulpes lagopus* (Linnaeus, 1758). *Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2023. No. 7. P. 83–96. doi: 10.17076/eb1743

Funding. The studies were carried out in 2021 conformant to the Long-term (2021–2030) program for basic research in the Russian Federation endorsed by RF Government

ordinance #3684-r of December 31, 2020, which underpins the government assignment to the Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming, research theme "Developing techniques for keeping, feeding, breeding, disease prevention and treatment of cage-reared fur animals and game animals kept in captivity, semi-free-ranging, or living in man-made habitats" (FZSS-2019-0002).

Введение

Изучение многих биологических параметров диких животных в естественной среде обитания сложно и проблематично, так как требует применения дорогостоящих и сложных методов сбора биологического материала. В зарубежных странах отбор биопроб чаще всего производят у животных, иммобилизованных при помощи химических средств, таких как эторфин, тиофентанил, карфентанил, медетомидин, кетамин [Arnemo, 1995; Becker et al., 2010; Rostal et al., 2012; Miller et al., 2013]. Применение этих препаратов, а также сильнейший стресс, неизбежно возникающий у диких (или содержащихся в искусственно созданной среде) животных при животоотлове и обездвиживании, могут оказывать существенное воздействие на физиологические параметры объектов исследований. В отечественной практике приобретение и использование указанных препаратов существенно осложняется необходимостью их строгого учета и отчетности в соответствии с требованиями законодательства РФ [Постановление..., 1998] и, по сути, возможно только для исследования популяций малочисленных и редких видов животных при решении особо важных практических и научных задач.

По этим причинам подавляющее большинство гематологических, физиологических, биохимических исследований осуществляется на материале от диких животных, добытых в ходе специализированных видов охоты, например в научно-исследовательских целях. В этой связи возникает вопрос соответствия исследуемых параметров трупного биоматериала прижизненным показателям на фоне постмортальных изменений в градиенте времени.

Полное понимание физических и химических изменений, происходящих в организме после смерти, и факторов, влияющих на них, в свою очередь, поможет в оценке посмертного интервала. Этот показатель крайне важен во многих исследованиях гибели животных, включая расследования случаев незаконной охоты, дорожно-транспортных происшествий, обстоятельств смерти охотничьих, редких и исчезающих видов животных в неволе и в дикой природе и др.

Методы определения посмертного интервала включают изучение степени трупного окоченения и разложения тела с применением морфологической оценки, термометрию, исследования изменений офтальмотонуса, гистологические изменения, оценку степени деградации белков скелетных мышц, изменение концентрации метаболитов, микробный и энтомологический анализ, рентгенографию и другие. Несмотря на многие десятилетия научного поиска, точность оценки наступления времени смерти до сих пор остается очень сложной задачей, поскольку на него влияют множество факторов окружающей среды. После смерти происходят изменения в различных органах и тканях организма, включая кровь. Данные изменения также могут быть использованы при установлении наступления времени смерти [Dokgöz et al., 2001; Ahmed, 2018; Das et al., 2019; Jat et al., 2019].

Большинство исследований в этой области было проведено на человеческих останках, и ветеринарный патологоанатом должен проявлять большую осторожность при попытке экстраполировать данные и применять формулы, предназначенные для использования на людях [Brooks, 2016; Ahmed, 2018; Pittner et al., 2020]. В современной ветеринарной практике широко применяются гематологические исследования. Для оценки состояния здоровья животных как на индивидуальном, так и на популяционном уровне используют показатели периферической крови, отличающиеся высокой чувствительностью к меняющимся условиям среды обитания. Комплекс этих показателей может быть использован для установления физиологического состояния организма, в качестве маркеров различных патологий, разработки системы экологического мониторинга и др. [Асташкина, Власов, 2006; Rousseau et al., 2018; Тютиков, 2021].

В этой связи сравнительные исследования гематологических параметров живой и постмортальной крови диких животных представляются актуальными и практически значимыми.

В представленной работе впервые установлена гемограмма, лейкоцитарные формулы, параметры эритроцитов, а также количество

эритроцитов на одно поле зрения микроскопа в постмортальных образцах крови песцов в сравнении с аналогичными параметрами живых животных.

Цель исследования: сравнительное изучение гематологических параметров в прижизненных и постмортальных образцах модельного вида в градиенте времени для оценки возможности их использования в научно-исследовательской и лабораторной деятельности.

Материалы и методы

В качестве модельного вида для исследования использованы самцы песцов, *Vulpes lagopus* (Linnaeus, 1758), вуалевого окраса в возрасте 7 месяцев ($n = 35$). Масса тела песцов варьировала от 7,45 до 10,3 кг и составила в среднем $9,01 \pm 0,94$ кг.

Для исследований собраны образцы крови от 10 живых и 25 мертвых животных. Формирование групп для исследования осуществляли следующим образом: 1 группа – образцы крови живых животных; 2 группа – кровь этих же животных через 1 час после смерти; 3 группа – кровь живых животных; 4, 5, 6 и 7 группы – образцы крови этих же животных через 3, 6, 12 и 24 часа (соответственно) после смерти. Взятие проб крови и хранение трупов осуществлялось при температуре окружающей среды $+14$ °С.

Пробоотбор проводили у живых животных из латеральной подкожной вены голени (*v. saphena lateralis*), а также от тушек зверей после их убоя из яремной вены (*v. jugularis*) через 1 и 3 часа после смерти и каудальной полой вены (*v. cava caudalis*) через 6, 12 и 24 часа после смерти.

Взятие проб крови для лабораторных исследований производили в вакуумные пробирки UNIVAC по 4 мл с антикоагулянтом дикалий этилендиаминтетрауксусная кислота (K_2 ЭДТА). Отбор, взятие, хранение и подготовку трупного биоматериала осуществляли согласно регламенту, изложенному в приказе Минздрава от 12.05.2010 № 346н [Приказ..., 2010], адаптированному к диким видам животных [Кошурникова, Домский, 2022].

Определение гематологических параметров производили с использованием автоматического анализатора «MicroCC-20 Plus» ветеринарная версия (High Technology, Inc., США) сразу после взятия крови. Лейкоцитарную формулу подсчитывали на свежеприготовленных и окрашенных мазках крови при помощи светового микроскопа (MEIJI TECHNO, Япония).

В каждом образце крови определяли общее количество эритроцитов, концентрацию

гемоглобина, гематокрит, средний объем эритроцитов, среднее содержание гемоглобина в эритроците, среднюю концентрацию гемоглобина в эритроците, относительную ширину распределения эритроцитов по объему, средний объем тромбоцитов, относительную ширину распределения тромбоцитов по объему, тромбоцит, общее количество тромбоцитов, общее количество лейкоцитов, лейкоцитарную формулу, а также параметры эритроцитов (площадь, периметр, диаметр, толщину, индекс сферичности).

Для определения параметров эритроцитов (площадь, периметр, диаметр) из каждого мазка крови анализировали 10–20 четких полей зрения с адекватной их морфологией. Параметры измерялись с использованием программного обеспечения для обработки изображений для медицины и биологии (Vision Bio (Epi), Австрия). Всего определены параметры более 15 000 эритроцитов.

Индекс сферичности эритроцитов (ИСЭ) определяли по общепринятой формуле: $ИСЭ = D/T$, где $T = V/S$ (D – средний диаметр эритроцитов, мкм; T – средняя толщина эритроцитов, мкм; V – средний объем эритроцитов, фл; S – средняя площадь основания эритроцитов, мкм).

Статистический анализ проводился с использованием программного обеспечения MS Excel (Office 2019) и Statgraphics (19-X64) общепринятыми методами [Ивантер, Коросов, 2005]. Для описания выборок определяли медиану (Me), 25% и 75% процентиля. Для сравнения достоверности различий показателей применяли непараметрический критерий (U) Манна – Уитни. Взаимосвязь между параметрами оценивалась посредством корреляционного анализа с применением коэффициентов Спирмена. Для оценки влияния временного фактора на морфологические показатели применяли однофакторный дисперсионный анализ, а также непараметрический аналог однофакторного дисперсионного анализа – критерий Краскела – Уоллиса. Влияние фактора считалось достоверно значимым при $p < 0,05$.

Все процедуры, выполненные в исследованиях с участием животных, соответствовали этическим стандартам, утвержденным правовыми актами РФ, принципам Базельской декларации.

Результаты и обсуждение

Результаты морфологических исследований образцов крови от живых животных и крови песцов после убоя представлены в табл. 1.

Таблица 1. Морфологические параметры образцов прижизненной и постмортальной крови песцов

Table 1. Morphological parameters of samples of intravital and post-mortal blood of Arctic foxes

Параметры Parameters	1 группа Group 1	2 группа Group 2	3 группа Group 3	4 группа Group 4	5 группа Group 5
	Живые Live animals (n=5) min-max Me 25%-75%	Время после наступления смерти (ч) 1 Time after death (h) 1 (n=5) min - max Me 25%-75%	Живые Live animals (n=5) min - max Me 25%-75%	Время после наступления смерти (ч) 3 Time after death (h) 3 (n=5) min - max Me 25%-75%	Время после наступления смерти (ч) 6 Time after death (h) 6 (n=3) min - max Me 25%-75%
Количество эритроцитов, 10 ¹² /л Red blood cells, 10 ¹² /l	9,06–10,54 9,61 9,24–9,66	8,76–10,20 8,96 8,90–9,00	9,33–10,43 9,97 9,67–10,05	7,60–9,96 9,17 9,01–9,52	6,00–8,40 6,27 ^E 6,13–7,33
Гемоглобин, г/л Hemoglobin, g/l	164,00–184,00 172,00 166,00–174,00	161,00–178,00 166,00 162,00–170,00	169,00–188,00 173,00 170,00–179,00	155,00–180,00 160,00 158,00–168,00	116,00–162,00 121,00 ^E 118,50–141,50
Гематокрит, % Hematocrit, %	52,60–59,50 54,30 52,70–55,00	49,70–57,60 52,50 52,10–54,10	53,40–61,00 55,20 53,80–57,10	42,70–58,50 50,00 49,40–53,40	35,50–51,40 35,70 ^F 35,60–43,55
Средний объем эритроцита, фл Mean corpuscular volume, fl	56,30–58,20 57,00 56,50–57,30	55,90–58,70 56,80 56,50–58,60	55,00–58,50 57,30 55,70–57,30	54,60–58,80 56,10 54,90–56,30	56,70–61,30 59,60 58,15–60,45
Среднее содержание гемоглобина в эритроците, пг Mean hemoglobin concentration, pg	17,40–18,10 17,90 17,80–18,10	17,40–18,60 18,00 17,70–18,30	17,20–18,10 17,90 17,50–18,00	16,90–18,40 17,70 17,60–18,00	19,20–19,30 19,20 ^{C, E} 19,20–19,25
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците, г/л Mean corpuscular hemoglobin concentration, g/l	309,00–316,00 315,00 311,00–316,00	308,00–323,00 314,00 309,00–318,00	308,00–316,00 313,00 313,00–315,00	307,00–327,00 314,00 310,00–323,00	315,00–340,00 324,00 319,50–332,00
Относительная ширина распределения эритроцитов по объему, % Red blood cells distribution width (standard deviation), %	12,70–14,10 13,70 13,30–13,80	13,00–15,00 14,10 13,50–14,70	13,20–14,10 14,00 13,80–14,10	13,80–15,30 14,10 13,90–15,00	11,80–13,50 12,10 ^C 11,95–12,80
Средний объем тромбоцитов, фл Mean platelet volume, fl	7,00–7,90 7,50 7,10–7,80	6,00–7,30 6,80 ^A 6,30–7,00	7,00–8,10 7,70 7,50–7,80	5,30–6,60 6,20 ^{B, D} 6,10–6,30	5,30–7,0 6,60 ^E 5,95–6,80
Относительная ширина распределения тромбоцитов по объему, % Platelet distribution width, %	15,00–15,40 15,00 15,00–15,30	15,00–17,70 16,00 15,10–17,60	14,90–15,30 15,00 15,00–15,10	14,60–17,10 16,80 15,90–16,80	16,00–17,40 17,40 ^E 16,70–17,40
Тромбокрит, % Plateletcrit, %	0,23–0,38 0,35 0,33–0,37	0,03–0,13 0,06 ^A 0,06–0,06	0,33–0,39 0,37 0,35–0,39	0,08–0,18 0,09 ^{B, D} 0,08–0,12	0,16–0,19 0,17 ^E 0,17–0,18
Количество тромбоцитов, 10 ⁹ /л Platelets, 10 ⁹ /l	330,00–491,00 477,00 477,00–482,00	61,00–130,00 91,00 ^A 88,00–96,00	433,00–561,00 461,00 461,00–527,00	122,00–299,00 151,00 ^{B, D} 147,00–235,00	238,00–330,00 253,00 ^E 245,50–291,50
Количество лейкоцитов, 10 ⁹ /л White blood cells, 10 ⁹ /l	9,50–11,60 10,90 10,90–11,10	8,80–9,20 9,00 8,90–9,20	9,20–13,90 12,90 10,90–13,00	7,10–12,60 10,80 10,20–11,90	7,50–9,40 8,50 ^E 8,00–8,95

Примечание. А – по сравнению с живыми животными и животными через 1 час после смерти (p < 0,05); В – по сравнению с животными через 1 и 3 часа после смерти (p < 0,05); С – по сравнению с животными через 3 и 6 часов после смерти (p < 0,05); D – по сравнению с живыми животными и животными через 3 часа после смерти (p < 0,05); E – по сравнению с живыми животными и животными через 6 часов после смерти (p < 0,05).

Note. A – compared with live animals and animals 1 hour after death (p < 0.05); B – compared with animals 1 and 3 hours after death (p < 0.05); C – compared with animals 3 and 6 hours after death (p < 0.05); D – compared with live animals and animals 3 hours after death (p < 0.05); E – compared with live animals and animals 6 hours after death (p < 0.05).

Установлена сильная отрицательная корреляция между количеством эритроцитов у живых животных и средним содержанием гемоглобина в эритроците через 1 час после смерти ($r = -1,00$; $p = 0,00$); между средним объемом эритроцитов у живых животных и количеством эритроцитов через 3 часа после смерти ($r = -1,00$; $p = 0,00$), у них же – между средним объемом эритроцитов и гематокритом ($r = -1,00$; $p = 0,00$).

Отмечена сильная положительная корреляция в постмортальных образцах через 1 час после смерти между количеством эритроцитов и гематокритом ($r = 1,00$; $p = 0,00$); в постмортальных образцах через 3 часа после смерти между количеством эритроцитов и гематокритом ($r = 1,00$; $p = 0,00$), а также между тромбоцитом и количеством тромбоцитов ($r = 1,00$; $p = 0,00$).

Следует отметить, что изменение гематологических показателей после смерти животного

определяется временным фактором. Проведенный однофакторный анализ позволил установить влияние времени на показатели крови. Между прижизненными и постмортальными образцами (через 1 час после смерти) выявлено достоверное влияние времени на средний объем тромбоцитов ($p = 0,00$; степень влияния 68,47 %), относительную ширину распределения тромбоцитов по объему ($p = 0,01$; степень влияния 37,33 %), тромбоциты ($p = 0,00$; степень влияния 91,23 %), количество тромбоцитов ($p = 0,00$; степень влияния 90,68 %); лейкоцитов ($p = 0,03$; степень влияния 32,67 %). А также установлено влияние времени в постмортальных образцах (через 1 и 3 часа после смерти) на количество тромбоцитов ($p = 0,02$; степень влияния 49,46 %).

Результаты изменения показателей лейкоцитарных формул крови в прижизненных и постмортальных образцах представлены в табл. 2.

Таблица 2. Изменения лейкоцитарных формул в прижизненной и постмортальной крови песцов

Table 2. Leukocyte formulas of the lifetime and postmortem blood of Arctic foxes

Параметры Parameters	1 группа Group 1	2 группа Group 2	3 группа Group 3	4 группа Group 4	5 группа Group 5	6 группа Group 6	7 группа Group 7
	Живые Live animals (n=5) min-max Me 25%-75%	Время после наступления смерти (ч) 1 Time after death (h) 1 (n=5) min-max Me 25%-75%	Живые Live animals (n=5) min-max Me 25%-75%	Время после наступления смерти (ч) 3 Time after death (h) 3 (n=5) min-max Me 25%-75%	Время после наступления смерти (ч) 6 Time after death (h) 6 (n=5) min-max Me 25%-75%	Время после наступления смерти (ч) 12 Time after death (h) 12 (n=5) min-max Me 25%-75%	Время после наступления смерти (ч) 24 Time after death (h) 24 (n=5) min-max Me 25%-75%
Палочко-ядерные нейтрофилы Rod-shaped neutrophils	0–2 1 0–2	0–3 2 1–2	0–3 0 0–1	0–2 1 1–1	0–2 1 1–1	0–2 0 0–1	0–1 0 0–0
Сегментоядерные нейтрофилы Segmental neutrophils	24–29 26 25–26	18–31 24 20–26	22–32 26 23–30	19–23 22 21–23	20–25 22 ^B 21–22	6–14 7 ^{A, C} 7–14	5–20 12 ^D 9–14
Лимфоциты Lymphocytes	65–71 70 68–71	62–75 74 70–75	60–76 69 67–70	70–75 74 72–75	70–76 74 ^B 73–76	79–90 87 ^{A, C} 80–87	75–94 84 ^D 79–87
Эозинофилы Eosinophils	2–6 4 3–5	1–5 4 3–4	2–8 3 3–5	2–6 4 3–6	2–4 3 3–4	3–7 5 5–6	1–6 4 4–5

Примечание. А – по сравнению с животными через 6 и 12 часов после смерти ($p < 0,05$); В – по сравнению с живыми животными и животными через 6 часов после смерти ($p < 0,05$); С – по сравнению с живыми животными и животными через 12 часов после смерти ($p < 0,05$); D – по сравнению с живыми животными и животными через 24 часа после смерти ($p < 0,05$).

Note. A – compared with animals 6 and 12 hours after death ($p < 0.05$); B – compared with live animals and animals 6 hours after death ($p < 0.05$); C – compared with live animals and animals 12 hours after death ($p < 0.05$); D – compared with live animals and animals 24 hours after death ($p < 0.05$).

В лейкоцитарных формулах установлена сильная отрицательная корреляция между количеством сегментоядерных нейтрофилов и лимфоцитов у живых животных ($r = -0,65$; $p = 0,00$) и между их количеством в постмортальных образцах через 24 часа после смерти ($r = -1$; $p = 0,00$).

Изменения в лейкоцитарной формуле также определяются временным фактором. Проведенный однофакторный анализ позволил установить влияние времени на количество сегментоядерных нейтрофилов ($p = 0,00$; степень влияния 76,79 %) и лимфоцитов ($p = 0,00$; степень влияния 67,86 %).

Параметры эритроцитов в прижизненных и постмортальных образцах крови песцов представлены в табл. 3.

Установлена сильная положительная корреляция между показателями прижизненных и постмортальных образцов крови через 1 час

после смерти: между диаметром и толщиной ($r = 1$; $p = 0,00$), между толщиной и индексом сферичности ($r = 1$; $p = 0,00$). Сильная отрицательная корреляция отмечается между диаметром и индексом сферичности ($r = -1$; $p = 0,00$), толщиной ($r = -1$; $p = 0,00$) и индексами сферичности ($r = -1$; $p = 0,00$).

В крови песцов через 1 час после смерти – между толщиной и индексом сферичности ($r = -1$; $p = 0,00$). В крови песцов через 3 часа после смерти – между площадью и периметром ($r = 1$; $p = 0,00$), а также между толщиной и индексом сферичности ($r = -1$; $p = 0,00$).

Тестированием ANOVA выявлено, что в первые 3 часа после смерти животного фактор времени не оказывает значимого влияния на параметры эритроцитов.

Установлено достоверное влияние времени между показателями прижизненных образцов

Таблица 3. Параметры эритроцитов в прижизненных и постмортальных образцах крови песцов

Table 3. Parameters of erythrocytes in the lifetime and postmortem blood samples of Arctic foxes

Параметры Parameters	1 группа Group 1	2 группа Group 2	3 группа Group 3	4 группа Group 4	5 группа Group 5	6 группа Group 6	7 группа Group 7
	Живые Live animals (n=5) min-max Me 25%–75%	Время после наступления смерти (ч) 1 Time after death (h) 1 (n=5) min-max Me 25%–75%	Живые Live animals (n=5) min-max Me 25%–75%	Время после наступления смерти (ч) 3 Time after death (h) 3 (n=5) min-max Me 25%–75%	Время после наступления смерти (ч) 6 Time after death (h) 6 (n=5) min-max Me 25%–75%	Время после наступления смерти (ч) 12 Time after death (h) 12 (n=5) min-max Me 25%–75%	Время после наступления смерти (ч) 24 Time after death (h) 24 (n=5) min-max Me 25%–75%
Площадь, мкм ² Area, mkm ²	27,01–29,29 28,58 27,11–28,75	27,73–30,86 30,25 27,86–30,47	27,44–29,72 29,23 27,64–29,44	27,56–30,79 29,13 27,84–29,49	29,14–32,55 31,67 ^A 30,95–32,43	30,03–32,31 31,12 ^B 30,44–31,79	28,2–31,31 29,06 28,37–30,51
Периметр, мкм Perimeter, mkm	20,61–21,64 21,38 20,87–21,42	21,08–22,59 22,00 21,98–22,43	20,75–21,72 21,57 20,86–21,62	20,99–22,84 21,36 21,11–21,80	21,85–23,34 22,98 ^A 22,62–23,24	21,83–23,23 22,77 22,45–22,95	21,47–23,24 22,06 ^C 21,62–22,43
Диаметр, мкм Diameter, mkm	6,47–6,79 6,68 6,58–6,74	6,66–7,07 6,84 6,74–7,01	6,52–6,81 6,76 6,61–6,78	6,69–7,15 6,74 6,71–6,85	6,85–7,28 7,15 ^A 7,12–7,2	6,91–7,25 7,09 ^B 7,06–7,12	6,77–7,25 6,85 ^C 6,78–7,04
Толщина эритроцита, мкм Thickness of red blood cells, mkm	1,95–2,10 2,02 1,96–2,09	1,84–2,11 1,92 1,86–2,00	1,89–2,08 1,98 1,92–2,00	1,78–2,04 1,96 1,90–2,01	1,88–1,98 1,94 1,91–1,96	-	-
Индекс сферичности эритроцита Erythrocyte sphericity index	3,07–3,47 3,29 3,14–3,42	3,18–3,84 3,64 3,31–3,66	3,16–3,57 3,38 3,27–3,53	3,28–4,00 3,41 3,33–3,60	3,52–3,82 3,59 ^A 3,55–3,71	-	-

Примечание. А – по сравнению с живыми животными и животными через 6 часов после смерти ($p < 0,05$); В – по сравнению с живыми животными и животными через 12 часов после смерти ($p < 0,05$); С – по сравнению с живыми животными и животными через 24 часа после смерти ($p < 0,05$).

Note. A – compared with live animals and animals 6 hours after death ($p < 0.05$); B – compared with live animals and animals 12 hours after death ($p < 0.05$); C – compared with live animals and animals 24 hours after death ($p < 0.05$).

крови и образцов, отобранных после смерти: через 6 часов – на площадь ($p = 0,00$; степень влияния 62,26 %), периметр ($p = 0,00$; степень влияния 72,62 %), диаметр ($p = 0,00$; степень влияния 73,50 %), индекс сферичности эритроцитов ($p = 0,01$; степень влияния 42,18 %); через 12 часов – на площадь ($p = 0,00$; степень влияния 65,31%), периметр ($p = 0,00$; степень влияния 70,30 %), диаметр эритроцитов ($p = 0,00$; степень влияния 74,56 %); через 24 часа – на площадь ($p = 0,11$; степень влияния 18,29 %), периметр ($p = 0,00$; степень влияния 43,72 %), диаметр ($p = 0,00$; степень влияния 43,48 %).

Количество эритроцитов на одно поле зрения микроскопа в прижизненных и постмортальных образцах крови представлено на рисунке.

Кроме того, тестированием ANOVA установлено достоверное влияние времени на количество эритроцитов в одном поле зрения микроскопа ($p = 0,00$; степень влияния 75,25 %). Количество эритроцитов достоверно уменьшается уже через 1 час после смерти ($p = 0,00$; степень влияния 52,54 %) и продолжает уменьшаться через 6 и 12 часов после смерти ($p = 0,03$; степень влияния 43,49 %). В промежутках между 1 и 3, 3 и 6, а также между 12 и 24 часами после смерти количество эритроцитов достоверно не изменяется.

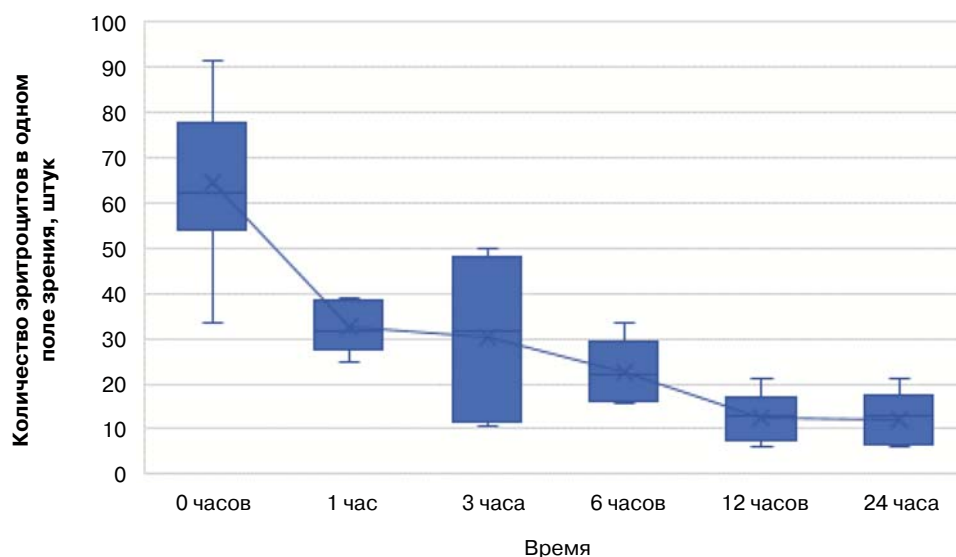
В первые 1 и 3 часа после смерти животного проведенные нами сравнительные исследова-

ния крови из яремной и полых вен не выявили различий. Поэтому исследования через 6, 12 и 24 часа после смерти мы проводили из полых вен, так как кровь была лучшего качества.

При изучении морфологических параметров прижизненной и постмортальной крови песцов нами установлено, что эти параметры сопоставимы в течение первых 3 часов после смерти животного, за исключением тромбоцитарных показателей. Их изменение в данном случае обусловлено тем, что после убоя до момента взятия крови с животных была снята шкура и за счет тромбоцитов происходило закрытие ран при кровотечении путем образования тромба.

В наших исследованиях достоверные ($p < 0,05$) различия в количестве эритроцитов, содержании гемоглобина и количестве лейкоцитов отмечены через 6 часов после смерти.

В настоящее время в научной литературе имеются немногочисленные публикации об особенностях постмортальной крови. Процессы, происходящие в ней, недостаточно изучены у людей и особенно у животных [Бакулев, 1966; Боягина, Сиганкова, 2014; Гильманов и др., 2017; Ahmed, 2018; Jat et al., 2019; Dokgöz et al., 2001; Лазарева, 2020]. По имеющимся же в нашем распоряжении литературным источникам, такая информация представлена в работе S. Das с соавторами [2019], которые изучали изменения крови, тканей сердца, печени и почек у домашних коз в штате Одиша, Индия.



Количество эритроцитов на одно поле зрения микроскопа в прижизненных и постмортальных образцах крови песцов

The number of red blood cells per microscope field of view in the lifetime and postmortem blood samples of Arctic foxes

S. Das с соавторами [2019] изучали изменения крови у домашних коз для оценки времени смерти, сравнивая предсмертные образцы и образцы через 6, 12, 18 и 24 часа после смерти. Установили, что уровень гемоглобина за указанные промежутки времени не имел достоверных отличий. Достоверное ($p < 0,05$) отличие общего количества эритроцитов установлено через 12 часов после смерти. Их количество снизилось через 12 часов после смерти на 25,00 %, через 18 часов – на 40,00 % и через 24 часа – еще на 43,40 %. Общее количество лейкоцитов в эти же промежутки времени снижалось на 8,90, 18,38 и 23,64 % соответственно. Таким образом, по мере увеличения времени после смерти животного происходит лизис и постепенное уменьшение общего количества эритроцитов и лейкоцитов в результате дегенеративных изменений. Данные изменения состава постмортальной крови соответствуют нашим результатам, но отличаются более длительным временем их наступления, что, вероятно, связано как с особенностями взятия крови и видом животного, так и с влиянием различных факторов окружающей среды (прежде всего температуры).

S. D. Kundu [2017] установлено, что гемограмма крови может служить инструментом для оценки постмортального интервала, а общее количество эритроцитов и лейкоцитов сильно отрицательно коррелирует со временем, прошедшим с момента смерти. О. Д. Боягиной и Т. В. Сиганковой [2014] при изучении морфологического состава постмортальной крови у человека установлено, что в крови, отобранной в промежуток 2–7 часов после смерти, наблюдается четко выраженная тенденция к сгущению и отмечается увеличение количества гемоглобина, а также число эритроцитов и лейкоцитов, что, по их мнению, обусловлено выходом из сосудистого русла жидкостной части крови. В наших исследованиях подобное явление у песцов не наблюдалось.

С. Н. Бакулев [1966] указывал на сгущение крови, но в течение первых 2 суток ($p < 0,05$) после смерти, о чем свидетельствуют показания гематокрита, увеличение объема эритроцитов и уменьшение объема плазмы. В это время в капиллярах и мелких кровеносных сосудах происходит прогрессирующее сгущение крови за счет диффузии ее жидкой части через стенки сосудов в окружающие ткани. Диффузия также обусловлена нарушением проницаемости стенок кровеносных сосудов и развивающимся после смерти ацидозом тканей, окружающих эти сосуды. Процессы диффузии наиболее отчетливо выражены в первые 16–18 часов после

смерти и несколько слабее – во вторые сутки. Признаков гемолиза эритроцитов в этот период не наблюдается, что отчетливо отражает гематокрит.

Кроме того, еще в 1928 г. русский хирург профессор В. Н. Шамов и его коллега М. Х. Костюков на III Всеукраинском съезде хирургов доложили о результатах своих успешных опытов на собаках по переливанию трупной крови. Оценивались токсичность и длительность ее жизнеспособности. Было доказано, что восстановить острую массивную кровопотерю с возвращением животного к жизни можно только гемотрансфузией. Обескровленные собаки при введении солевых и коллоидных растворов гибли [Шамов, Костюков, 1929; Лазарева, 2020]. В физиологической лаборатории (рук. профессор И. П. Разенков) Московского института профессиональных болезней установлено, что посмертная кровь сохраняет свои функции газообмена и повышает кислородный фон реципиента, а пересаженные эритроциты живут несколько дней в организме и оказывают стимулирующее действие на ретикуло-эндотелиальную систему реципиента. Разработаны специальные методы по ее забору [Гланц, 1983; Лазарева, 2020].

Исследования А. В. Русакова показали, что кровь от людей, умерших внезапно от травмы (огнестрельное ранение, асфиксия, электротравма, сотрясение мозга) или острой сердечной недостаточности, в пробирке быстро сворачивается, но через 30–90 мин самостоятельно становится жидкой. Напротив, кровь умершего от онко- или инфекционных болезней, сепсиса, а также травмы с продолжительным агональным периодом сворачивается медленно, образуя нерастворимый сгусток [Скудина, Русаков, 1934; Ветшев и др., 2018]. Дальнейшие исследования показали, что изменения в крови внезапно умерших происходят за счет фибриногенолиза. Данное явление наблюдается и в крови живых людей [Андреевко, 1967; Братчик, 1993]. Сегодня в НИИ СП им. Н. В. Склифосовского продолжают активно использовать компоненты и препараты трупной крови [Хватов, 1991, 2013; Хубутя и др., 2015].

Отметим, что лейкоцитарные формулы живой и постмортальной крови песцов идентичны и не имеют различий до 3 часов после смерти включительно. Через 6 часов достоверно ($p < 0,05$) снижается количество сегментоядерных нейтрофилов, и за счет этого происходит процентное увеличение лимфоцитов в формуле. Количество палочкоядерных нейтрофилов и эозинофилов не изменяется. Следует отметить, что через 6 часов после смерти

встречаются единичные разрушенные нейтрофилы, а через 12 часов происходит их достоверное ($p < 0,05$) снижение на 31,00 %.

В доступной нам литературе мы встретили лишь единичные сообщения с подобными исследованиями у людей. Так, при микроскопическом исследовании образцов постмортальной крови человека [Jat et al., 2019; Tyagi et al., 2020] установлено, что лимфоциты оказались более устойчивыми к аутолитическим изменениям после смерти по сравнению с другими клетками лейкоцитов. Статистически значимая корреляция обнаружена в количестве лейкоцитов и тромбоцитов, в то время как все другие клетки (гранулоциты, моноциты и лимфоциты) не показали корреляции со временем, прошедшим после смерти. Полученные нами результаты соответствуют вышесказанному.

S. S. Jat с соавторами [2019], изучавшими постмортальные морфологические изменения лейкоцитов у людей (температура хранения в камере при 4 °C), установлено, что в течение первых 6 часов после смерти морфология всех форм лейкоцитов оставалась неизменной. Через 6–12 часов дисморфические изменения начались во всех типах лейкоцитов. Полный лизис наблюдался в большинстве клеток после 18 часов после смерти и все лейкоциты лизировались через 36–48 часов. Исследования H. Dogköz с соавторами [2001] показали, что нейтрофилы, эозинофилы и моноциты не теряют своей нормальной морфологии в течение первых 6 часов, а лимфоциты – в течение первых 24 часов. Кроме того, у нейтрофилов, эозинофилов и моноцитов наблюдался пикноз через 6 часов после смерти, а вакуолизация цитоплазмы и ядра – через 12 часов. Фрагментация ядер начиналась через 18 часов у нейтрофилов и эозинофилов и через 24 часа у моноцитов. Распад регистрировали между 48 и 96 часами у нейтрофилов и 48 и 72 часами у эозинофилов и моноцитов. В лимфоцитах набухание ядра и нечеткость цитоплазматической клеточной мембраны наблюдались через 24 часа; пикноз и фрагментация ядра – через 36 и 72 часа соответственно. Лимфоциты идентифицировали через 120 ч и позже.

A. Ahmed [2018] изучал морфологические изменения нейтрофилов, лимфоцитов, моноцитов и эозинофилов в постмортальных образцах от людей (температура хранения в камере при 4 °C). Морфологические изменения в нейтрофилах, лимфоцитах, моноцитах и эозинофилах в течение первых 6 часов после смерти в 100 % случаев не регистрировались. Через 6–12 часов после смерти данные клетки были нормальными в 8,33 % и слабо дисморфичными

в 91,66 % случаев. Через 12–24 часа после смерти отмечена сильная дисморфичность нейтрофилов и лимфоцитов. Полный лизис моноцитов и эозинофилов наблюдался через 12 часов после смерти, а нейтрофилов и лимфоцитов – через 24–36 часов.

Нами установлена идентичность параметров эритроцитов прижизненной и постмортальной крови пещеров в первые 3 часа после смерти. Через 6 часов отмечены достоверные ($p < 0,05$) отличия между прижизненными и постмортальными образцами в площади, периметре, диаметре и индексе сферичности эритроцитов. С течением времени в мазках встречалось большое количество эхиноцитов.

S. S. Jat с соавторами [2019] установлено, что после смерти целостность эритроцитов сохранялась до 18–24 часов. Полный их лизис наблюдался через 36 часов после смерти. Форма эритроцитов становилась слабо дисморфичной через 6–12 часов и сильно дисморфичной через 12–24 часа после смерти. Центральная бледность сохранялась до 6 часов и снижалась с 6 до 18 часов, а ее потеря происходила через 18 часов. Гемоглобинизированная периферия клетки четко визуализировалась до 18 часов, бледнела в период с 18 до 36 часов и не распознавалась через 36 часов после смерти в большинстве мазков. Таким образом, изучение посмертных изменений морфологии эритроцитов и лейкоцитов может быть использовано в качестве дополнительных методов определения времени, прошедшего после смерти. Исследования осмотической резистентности эритроцитов С. Н. Бакулевым [1966] также показали их достаточную устойчивость на протяжении первых 2 суток. По его данным, в первые 6 часов после смерти осмотическая резистентность эритроцитов не меняется и удерживается на уровне живого человека. В период от 6 до 12 часов наблюдается ее незначительное снижение – на 0,06 по максимальной и на 0,10 по минимальной. К 24 часам происходит снижение резистентности соответственно на 0,10–0,14 и на 0,12–0,14, через 48 часов – на 0,16–0,18 и на 0,16–0,20. Данная динамика показывает достаточную стойкость эритроцитов и отсутствие заметного их гемолиза в течение первых 2 суток после смерти.

Процессы односторонней диффузии плазмы крови через стенки кровеносных сосудов в окружающие ткани приводят к постепенному ее сгущению. Уменьшение количества жидкой части крови в просвете кровеносных сосудов и капилляров создает условия для лучшей сохранности эритроцитов, поэтому процессы их гемолиза начинают развиваться позднее

2 суток после смерти, обычно с началом развития гнилостных процессов. При благоприятных условиях хранения – при температуре ниже 10 °С – гемолиз эритроцитов может не наступить даже через 10 дней и более [Бакулев, 1966].

В отдельных исследованиях показано, что эритроциты человека в течение 1,7–270,4 часа при температуре +4 °С трансформировались в эхиноциты и сфероциты, но не наблюдалось дебриса или лопнувших клеток [Penttilä, Laiho, 1981].

По данным А. С. Сергеевой с соавторами [2016], у человека в норме индекс сферичности эритроцита составляет 3,4–3,9. Показатель ниже 3,4 означает наличие пула сфероцитарных, шаровидных клеток, выше 3,9 – развитие планоцитоза или приближение формы эритроцитов к плоскому диску. Мы получили сходные результаты по нормальному индексу сферичности эритроцитов и отсутствие достоверных ($p < 0,05$) различий данного параметра у живой и постмортальной крови до 3 часов после смерти.

Важно отметить, что в наших исследованиях в постмортальной крови животных по сравнению с прижизненной для определения параметров эритроцитов сложнее найти четкие и пригодные для изменения поля зрения микроскопа. Количество эритроцитов на одно поле зрения достоверно ($p < 0,05$) снижается на 51 % в постмортальной крови через 1 час после смерти, а затем остается примерно на одном уровне до 6 часов после смерти включительно. Последующее достоверное их снижение на 58 % происходит только через 12 часов после смерти.

Выводы

1. При сравнительном исследовании морфологических параметров прижизненной и постмортальной крови у песцов установлено, что морфологические параметры крови, полученной от живого зверя и в первые 3 часа после его смерти, идентичны. Изменение параметров тромбоцитов в нашем случае связано с развившимся кровотечением в результате снятия шкуры и закрытия ран путем образования тромба. Сравнительные исследования крови из яремной и полой вены, проведенные в первые 1 и 3 часа после смерти животного, не выявили различий морфологических параметров.

2. При сравнительном исследовании лейкоцитарных формул живой и постмортальной крови песцов установлено, что формулы идентичны и не имеют различий в первые 3 часа

после смерти. Через 6 часов после смерти достоверно ($p < 0,05$) снижается количество сегментоядерных нейтрофилов и за счет этого происходит сдвиг лейкоцитарной формулы в сторону лимфоцитов. Количество палочкоядерных нейтрофилов и эозинофилов не изменяется. Через 6 часов после смерти встречаются единичные разрушенные нейтрофилы, а через 12 часов происходит их достоверное ($p < 0,05$) снижение.

3. Установлена идентичность параметров эритроцитов прижизненной и постмортальной крови песцов в первые 3 часа после смерти животного. Через 6 часов отмечены достоверные ($p < 0,05$) отличия между прижизненными и постмортальными образцами в площади, периметре, диаметре и индексе сферичности эритроцита.

4. При определении количества эритроцитов на одно поле зрения микроскопа и изучении параметров этих клеток в прижизненных и постмортальных образцах крови установлено, что в мазках из постмортальной крови сложнее найти пригодные поля зрения по причине их худшего качества для идентификации и морфометрии по сравнению с образцами от живых животных. Количество эритроцитов на одно поле зрения достоверно ($p < 0,05$) снижается на 51 % через один час после смерти, а затем остается примерно на одном уровне в период до 6 часов после смерти включительно. Последующее достоверное их снижение на 58 % происходит через 12 часов. Представляется необходимым исследовать большее количество полей зрения для получения достоверных результатов.

5. Наши данные свидетельствуют, что периферическая постмортальная кровь, полученная не позднее 3 часов с момента наступления смерти, может быть использована для изучения прижизненных гематологических параметров.

Литература

Андреев Г. В. Химия и физиология процесса. Клиническое применение фибринолизина: монография. М.: Медицина, 1967. 248 с.

Асташкина О. Г., Власов Н. В. Значение и возможности судебно-биохимических исследований при дифференциальной диагностике различных видов патологических состояний // Проблемы экспертизы в медицине. 2006. № 4(24). С. 17–19.

Бакулев С. Н. Об изменениях крови в области трупных пятен при насильственной и скоропостижной смерти // Судебно-медицинская экспертиза. 1966. № 3. Р. 3–6.

Боягина О. Д., Сиганкова Т. В. Сравнительное исследование давности возникновения кровяных

следов, образованных кровью живого человека и трупа // Студенческий научный форум – 2014: Мат-лы VI Международной студенческой научной конференции [Электронный ресурс]. URL: <https://scienceforum.ru/2014/article/2014002070> (дата обращения: 27.04.2022).

Братчик А. М. Клинические проблемы фибринолиза. Киев: Здоровье, 1993. 344 с.

Ветшев П. С., Левчук А. Л., Алистратов Д. И. Хирургия на распутье – к 90-летию статьи профессора С. П. Федорова // Эндоскопическая хирургия. 2018. № 24(1). С. 3–9. doi: 10.17116/endoskop20182413-9

Гильманов А. Ж., Сашков В. А., Павлюшина В. А. Технология отбора ауопсийной крови для судебно-биохимических исследований // Судебная медицина. 2017. № 3(2). С. 47–49. doi: 10.19048/2411-8729-2017-3-2-47-49.

Гланц Р. М. Нейрогуморальное направление в трансфузиологии / Под ред. В. Н. Черниговского, О. И. Моисеева. Л.: Наука, 1983. 2391 с.

Ивантер Э. В., Коросов А. В. Элементарная биометрия. Петрозаводск: ПетрГУ, 2005. 104 с.

Кошурникова М. А., Домский И. А. Взятие, хранение и лабораторная диагностика биологического материала при добыче диких животных // Труды Карельского научного центра РАН. 2022. № 7. С. 75–84. doi: 10.17076/eb1515

Лазарева Е. Ю. История и пути развития метода переливания трупной крови в хирургии (к 90-летию открытия метода) // Вестник хирургии. 2020. № 179(1). С. 105–109. doi: 10.24884/0042-4625-2020-179-1-105-109

Постановление Правительства РФ от 30 июня 1998 г. N 681 «Об утверждении перечня наркотических средств, психотропных веществ и их прекурсоров, подлежащих контролю в Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями).

Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 12 мая 2010 г. № 346н «Об утверждении Порядка организации и производства судебно-медицинских экспертиз в государственных судебно-экспертных учреждениях Российской Федерации».

Сергеева А. С., Пивоваров Ю. И., Бабушкина И. В., Дмитриева Л. А. Связь показателя сферичности эритроцитов с мембранными белками красных клеток крови у больных артериальной гипертензией // Российский кардиологический журнал. 2016. № 4(132). С. 52–58. doi: 10.15829/1560-4071-2016-4-52-58

Скудина М. Г., Русаков А. В. Переливание трупной крови без стабилизаторов // Советская хирургия. 1934. № 2-3. С. 194–198.

Тютиков С. Ф. Биологический мониторинг. Использование диких животных в биогеохимической индикации: учебник для вузов. М.: Юрайт, 2021. 230 с.

Хватов В. Б. Медико-биологические аспекты использования посмертной крови // Вестник АМН СССР. 1991. № 9. С. 18–24.

Хватов В. Б. Биологические свойства и использование компонентов посмертной крови // Неотложная медицинская помощь. 2013. № 3. С. 64–70.

Хубутия М. Ш., Кабанова С. А., Богопольский П. П., Глянец С. П., Гуляев В. А. Переливание кадаверной крови – выдающееся достижение российской трансплантологии и трансфузиологии (к 85-летию создания метода) // Трансплантология. 2015. № 4. С. 61–73.

Шамов В. Н., Костюков М. Х. К изучению гомопластики с трупа – переливание крови от трупа // Труды 3-го Всеукраинского съезда хирургов (9–14 сентября 1929 г.). Днепропетровск, 1929. С. 184–188.

Ahmed A. To assess the time since death on morphological changes of neutrophils, lymphocyte, monocytes & eosinophils: an autopsy based study // Int. J. Med. Res. Prof. 2018. Vol. 4, no. 4. P. 125–128. doi: 10.21276/ijmrp

Arnemo J. M. Immobilization of free-ranging moose (*Alces alces*) with medetomidine-ketamine and remobilization with atipamezole // Rangifer. 1995. Vol. 15, no. 1. P. 19–25. doi: 10.7557/2.15.1.1153

Brooks J. W. Postmortem changes in animal carcasses and estimation of the postmortem interval // Vet. Pathol. 2016. Vol. 53, no. 5. P. 929–940. doi: 10.1177/0300985816629720.

Becker S. A., Kauffman M. J., Anderson S. H. Nutritional condition of adult female Shiras moose in northwest Wyoming // Alces. 2010. Vol. 46. P. 151–166.

Das S., Panda S. K., Acharya A. P., Mishra U. K., Kundu A. K., Mohanty B. N., Ali I. Postmortem blood and tissue changes for estimation of time of death // Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. 2019. Vol. 8, no. 9. P. 43–53. doi: 10.20546/ijcmas.2019.809.007

Dokgöz H., Arican N., Elmas I., Fincanci S. K. Comparison of morphological changes in white blood cells after death and in vitro storage of blood for the estimation of postmortem interval // Forensic Sci. Int. 2001. Vol. 124, no. 1. P. 25–31. doi: 10.1016/s0379-0738(01)00559-x

Jat S. S., Punia R. K., Khichi M. K., Sharma S. Effect of time since death on morphological changes of red and white blood cells-an autopsy based study at SMS medical college & attached group of hospitals, Jaipur during the year 2016-2017 // Medico-legal Update. 2019. Vol. 19, no. 2. P. 145–150. doi: 10.5958/0974-1283.2019.00162.2.29

Kundu S. D. Changes in haemogram in subjects after death as a tool to estimate time passed since death // IOSR J. Dent. Med. Sci. 2017. Vol. 16, no. 10. P. 19–27.

Miller A. L., Alina L. E., Oystein O., Arnemo J. M. Biochemical and hematologic reference values for free-ranging, chemically immobilized wild Norwegian Reindeer (*Rangifer tarandus tarandus*) during early winter // J. Wildl. Dis. 2013. Vol. 49, no. 2. P. 221–228. doi: 10.7589/2012-04-115

Penttilä A., Laiho K. Autolytic changes in blood cells of human cadavers. II. Morphological studies // Forensic Sci. Int. 1981. Vol. 17, no. 2. P. 121–132.

Pittner S., Bugelli V., Weitgasser K., Zissler A., Sanit S., Lutz L., Monticelli F., Campobasso C. P., Steinbacher P., Amendt J. A field study to evaluate PMI estimation methods for advanced decomposition stages // Int. J. Legal Med. 2020. Vol. 134, no. 4. P. 1361–1373. doi: 10.1007/s00414-020-02278-0

Rostal M. K., Evans A. L., Solberg E. J. Hematology and serum chemistry reference ranges of free-ranging moose in Norway // *J. Wildl. Dis.* 2012. Vol. 48, no. 3. P. 548–559. doi: 10.7589/0090-3558-48.3.548

Rousseau G., Bergerat N., Drevin G., Reynier P., Jousset N. Thanatobiochemistry: post mortem study of the vitreous humor for the diagnosis of diabetic ketoacidosis death // *Annales de Biologie Clinique.* 2018. Vol. 76, no. 3. P. 245–250. doi: 10.1684/abc.2018.1348

Tyagi A., Garg Sh., Chawla H. Estimation of post-mortem interval by evaluating autolytic changes in morphology of different white blood cells // *Int. J. Med. Toxicol. Legal Med.* 2020. Vol. 23, no. 3-4. P. 199–204. doi: 10.5958/0974-4614.2020.00068.6

References

Andreenko G. V. Chemistry and physiology of the process. Clinical use of fibrinolysin: A monograph. Moscow: Meditsina; 1967. 248 p. (In Russ.)

Ahmed A. To assess the time since death on morphological changes of neutrophils, lymphocyte, monocytes & eosinophils: an autopsy based study. *Int. J. Med. Res. Prof.* 2018;4(4):125–128. doi: 10.21276/ijmrrp

Arnemo J. M. Immobilization of free-ranging moose (*Alces alces*) with medetomidine-ketamine and remobilization with atipamezole. *Rangifer.* 1995;15(1):19–25. doi: 10.7557/2.15.1.1153

Astashkina O. G., Vlasova N. V. Forensic biochemical analysis for differential diagnostic of pathological states. *Medical Examination Problems.* 2006;4(24):17–19. (In Russ.)

Bakulev S. N. On changes in blood in the area of cadaveric spots during violent and sudden death. *Sudebno-meditsinskaya ekspertiza = Forensic Medical Examination.* 1966;3:3–6. (In Russ.)

Becker S. A., Kauffman M. J., Anderson S. H. Nutritional condition of adult female Shiras moose in northwest Wyoming. *Alces.* 2010;46:151–166.

Boyagina O., Sigankova T. Comparative research of age of blood stains formed by blood of a living person and a corpse. *Studencheskii nauchnyi forum – 2014: Mat-ly VI Mezhdunarodnoi studencheskoi nauchnoi konferentsii = Student Scientific Forum – 2014: Proceedings of the VI International student scientific conference.* URL: <https://scienceforum.ru/2014/article/2014002070> (accessed: 27.04.2022). (In Russ.)

Bratchik A. M. Clinical problems of fibrinolysis. Kiev: Zdorov'e; 1993. 344 p. (In Russ.)

Brooks J. W. Postmortem changes in animal carcasses and estimation of the postmortem interval. *Vet. Pathol.* 2016;53(5):929–940. doi: 10.1177/0300985816629720

Das S., Panda S. K., Acharya A. P., Mishra U. K., Kundu A. K., Mohanty B. N., Ali I. Postmortem blood and tissue changes for estimation of time of death. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 2019;8(9):43–53. doi: 10.20546/ijcmas.2019.809.007

Decree of the Government of the Russian Federation dated June 30, 1998 No. 681 'On approval of the list of narcotic drugs, psychotropic substances and their precursors subject to control in the Russian Federation' (with amendments and additions). (In Russ.)

Dokgöz H., Arican N., Elmas I., Fincanci S. K. Comparison of morphological changes in white blood cells after death and in vitro storage of blood for the estimation of postmortem interval. *Forensic Sci. Int.* 2001;124(1): 25–31. doi: 10.1016/s0379-0738(01)00559-x

Gilmanov A. Zh., Sashkov V. A., Pavlyushina V. A. Technologies of selection of autopsy blood for forensic biochemistry research. *Russian Journal of Forensic Medicine.* 2017;3(2):47–49. doi: 10.19048/2411-8729-2017-3-2-47-49 (In Russ.)

Glants R. M. Neurohumoral direction in transfusiology. Leningrad: Nauka; 1983. 2391 p. (In Russ.)

Ivanter E. V., Korosov A. V. Fundamentals of biometrics. Petrozavodsk: PetrGU; 2005. 104 p. (In Russ.)

Jat S. S., Punia R. K., Khichi M. K., Sharma S. Effect of time since death on morphological changes of red and white blood cells-an autopsy based study at SMS medical college & attached group of hospitals, Jaipur during the year 2016-2017. *Medico-legal Update.* 2019;19(2): 145–150. doi: 10.5958/0974-1283.2019.00162.2.29

Khvatov V. B. Medical and biological aspects of the use of post-mortem blood. *Vestnik AMN SSSR = Vestnik AMS USSR.* 1991;9:18–24. (In Russ.)

Khvatov V. B. Biological properties, preparation and use of the components of posthumous blood. *Russian Sklifosovsky Journal Emergency Medical Care.* 2013;3:64–70. (In Russ.)

Khubutiya M. Sh., Kabanova S. A., Bogopol'skiy P. M., Glyantsev S. P., Gulyaev V. A. Transfusion of cadaveric blood: an outstanding achievement of Russian transplantation, and transfusion medicine (to the 85th anniversary since the method establishment). *Transplantologiya = Transplantologiya. The Russian Journal of Transplantation.* 2015;4:61–73. (In Russ.)

Koshurnikova M. A., Domskiy I. A. Sample collection, storage and laboratory analysis of biological material derived from hunter harvested wild animals. *Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS.* 2022;7:75–84. doi: 10.17076/eb1515 (In Russ.)

Kundu S. D. Changes in haemogram in subjects after death as a tool to estimate time passed since death. *IOSR J. Dent. Med. Sci.* 2017;16(10):19–27.

Lazareva E. Yu. History and development of the cadaveric blood transfusion method in surgery (on the 90th anniversary of the discovery of the method). *Grekov's Bulletin of Surgery.* 2020;179(1):105–109. doi: 10.24884/0042-4625-2020-179-1-105-109 (In Russ.)

Miller A. L., Alina L. E., Oystein O., Arnemo J. M. Biochemical and hematologic reference values for free-ranging, chemically immobilized wild Norwegian Reindeer (*Rangifer tarandus tarandus*) during early winter. *J. Wildl. Dis.* 2013;49(2):221–228. doi: 10.7589/2012-04-115

Order of the Ministry of Health and Social Development of the Russian Federation dated May 12, 2010 No. 346n 'On approval of the Procedure for organizing and conducting forensic medical examinations in state forensic institutions of the Russian Federation'. (In Russ.)

Penttilä A., Laiho K. Autolytic changes in blood cells of human cadavers. II. Morphological studies. *Forensic Sci. Int.* 1981;17(2):121–132.

Pittner S., Bugelli V., Weitgasser K., Zissler A., Sanit S., Lutz L., Monticelli F., Campobasso C. P., Steinbacher P., Amendt J. A field study to evaluate PMI estimation methods for advanced decomposition stages. *Int. J. Legal Med.* 2020;134(4):1361–1373. doi: 10.1007/s00414-020-02278-0

Rostal M. K., Evans A. L., Solberg E. J. Hematology and serum chemistry reference ranges of free-ranging moose in Norway. *J. Wildl. Dis.* 2012;48(3):548–559. doi: 10.7589/0090-3558-48.3.548

Rousseau G., Bergerat N., Drevin G., Reynier P., Jousset N. Thanatobiochemistry: post mortem study of the vitreous humor for the diagnosis of diabetic ketoacidosis death. *Annales de Biologie Clinique.* 2018;76(3):245–250. doi: 10.1684/abc.2018.1348

Sergeeva A. S., Pivovarov Yu. I., Babushkina I. V., Dmitrieva L. A. The relation of erythrocyte sphericity with membrane proteins in arterial hypertension. *Russian Journal of Cardiology.* 2016;4(132):52–58. (In Russ.)

Shamov V. N., Kostyukov M. Kh. To the study of homoplasty from a corpse – blood transfusion from

a corpse. *Trudy 3-go Vseukrainskogo s"ezda khirurgov (9–14 sentyabrya 1929 g.) = Proceedings of the 3rd All-Ukrainian Congress of Surgeons (September 9–14, 1929).* Dnepropetrovsk; 1929. P. 184–188. (In Russ.)

Skudina M. G., Rusakov A. V. Transfusion of cadaveric blood without stabilizers. *Sovetskaya khirurgiya = Soviet Surgery.* 1934;2-3:194–198. (In Russ.)

Tyutikov S. F. Biological monitoring. Use of wild animals in biogeochemical indication. Moscow: Jurajt; 2021. 230 p. (In Russ.)

Tyagi A., Garg Sh., Chawla H. Estimation of post-mortem interval by evaluating autolytic changes in morphology of different white blood cells. *Int. J. Med. Toxicol. Legal Med.* 2020;23(3-4):199–204. doi: 10.5958/0974-4614.2020.00068.6

Vetshev P. S., Levchuk A. L., Alistratov D. I. 'Surgery at a crossroads' – to the 90th anniversary of the article by Professor S. P. Fedorov. *Endoscopic Surgery.* 2018;24(1):3–9. doi: 10.17116/endoskop20182413-9 (In Russ.)

Поступила в редакцию / received: 23.01.2023; принята к публикации / accepted: 04.07.2023.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Перевозчикова Мария Александровна

канд. вет. наук, старший научный сотрудник

e-mail: mperevozchikova@mail.ru

Домский Игорь Александрович

член-корр. РАН, д-р вет. наук, профессор, директор, главный научный сотрудник

e-mail: igordomsky@mail.ru

Сергеев Алексей Анатольевич

канд. биол. наук, заместитель директора по научной работе

e-mail: metalbird@mail.ru

Березина Юлия Анатольевна

канд. вет. наук, старший научный сотрудник

e-mail: uliya180775@bk.ru

Беспятых Олег Юрьевич

д-р биол. наук, ведущий научный сотрудник

e-mail: oleg-bp@mail.ru

Сюткина Анна Сергеевна

канд. вет. наук, старший научный сотрудник

e-mail: sannetochka@mail.ru

CONTRIBUTORS:

Perevozchikova, Maria

Cand. Sci. (Vet.), Senior Researcher

Domskiy, Igor

RAS Corr. Academician, Dr. Sci. (Vet.), Professor, Director, Chief Researcher

Sergeev, Alexey

Cand. Sci. (Biol.), Deputy Director for Science

Berezina, Yulia

Cand. Sci. (Vet.), Senior Researcher

Bespyatykh, Oleg

Dr. Sci. (Biol.), Leading Researcher

Syutkina, Anna

Cand. Sci. (Vet.), Senior Researcher