

## ВЛИЯНИЕ ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ НА ПРОЦЕССЫ РЕПАРАЦИИ У КРЫС

М.А. Урядников, Д.В. Дашко

ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, п. Молодежный, Россия

E-mail: den120577@bk.ru

**Для цитирования:** Урядников М.А., Дашко Д.В. Влияние транскраниальной электростимуляции на процессы репарации у крыс // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 1(74). – С. 215–224. – DOI 10.31677/2072-6724-2025-74-1-215-224.

**Ключевые слова:** электроанальгезия, электростимуляция, импульсный ток, рана, репарация, антиноцицепция, крыса.

**Реферат.** Исследования проводили с целью изучения влияния транскраниальной электрической стимуляции антиноцицептивной системы мозга на процесс заживления кожных ран у лабораторных животных. Объект исследования: нелинейные белые лабораторные крысы-самцы в количестве 80 гол. В первой опытной группе использовали режим транскраниальной электростимуляции в виде сочетания постоянного и переменного токов анальгетических параметров. Во второй и третьей опытных группах использовали то же сочетание, но с другими частотами импульса: 50 и 90 Гц (частоты «неанальгетического раздражения»). Сеансы транскраниального электровоздействия проводили один раз в день по 30 мин в течение трех дней после нанесения кожных ран. Дополнительно: в течение трех дней до нанесения раны и трех дней после операции («профилактическое» и «лечебное» действие): применялись как анальгетический, так и неанальгетический режимы электровоздействия. Под влиянием транскраниальной электростимуляции с анальгетическими параметрами тока (частота 70 Гц) наблюдается достоверное ускорение (на 21 %) процесса заживления и сокращение среднего срока полного заживления ран. Транскраниальные воздействия с «неанальгетическими частотами раздражения» (50 и 90 Гц) не вызывали каких-либо изменений скорости заживления от контроля. Наибольшее ускорение заживления ран под влиянием лечебных процедур достоверно проявляется на 4–7 сут после их нанесения, а в контрольной группе – на 10–11 сут. В «профилактической» группе изменение размеров ран значительно опережало таковое у крыс с «лечебным» воздействием: на четвертые сутки разница в площади ран между опытными группами и контролем статистически достоверна и составляет 12 %, в то время как «лечебное» воздействие к восьмым суткам достигает аналогичного результата.

## INFLUENCE OF TRANSCRANIAL ELECTRICAL STIMULATION ON REPAIR PROCESSES IN RATS

M.A. Uryadnikov, D.V. Dashko

FSBEI HE Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsk, Molodezhny, Russian Federation

E-mail: den120577@bk.ru

**Keywords:** electroanalgesia, electrical stimulation, pulsed current, wound, reparation, antinociception, rat.

**Summary.** The studies were carried out to study the effect of transcranial electrical stimulation of the antinociceptive system of the brain on the healing process of skin wounds in laboratory animals. Object of study: non-linear white male laboratory rats in the amount of 80 animals. In the first experimental group, a transcranial electrical stimulation mode was used in the form of a combination of direct and alternating currents with analgesic parameters. In the second and third experimental groups, the same combination was used, but with different pulse frequencies - 50 and 90 Hz («frequencies of non-analgesic stimulation»). Sessions of transcranial electrical stimulation were carried out once a day for 30 minutes for three days after the application of skin wounds. Additionally: for three days before the wound and three days after the operation («preventive» and «therapeutic» effects): both analgesic and non-analgesic modes of electrical influence were used. Under the influence of transcranial electrical stimulation with analgesic current parameters (frequency 70 Hz), a significant acceleration (by 21%) of the healing process and a reduction in the average time for complete wound healing are observed. Transcranial impacts with «non-analgesic stimulation frequencies» (50 and 90 Hz) did not cause any changes in the rate of healing, compared to the control. The greatest acceleration of wound healing under the

*influence of medical procedures is reliably manifested on days 4-7 after their application, and in the control group on days 10-11. In the «preventive» group, the change in wound size was significantly faster than that in rats with the «therapeutic» effect: on the 4th day, the difference in the area of wounds between the experimental groups and the control was statistically significant and amounted to 12%, while the «therapeutic» effect On the 8th day it achieves a similar result.*

В современной медицинской и ветеринарной практике существует проблема поиска инновационных и альтернативных методов обезбоживания, выходящих за рамки традиционных подходов, которая остается в центре внимания исследователей [1, 2, 21, 28]. Более века ученые во всем мире неустанно проводят эксперименты и клинические исследования в области электрообезбоживания (электростимуляции), чтобы выявить оптимальные режимы и оценить эффективность этого метода [3, 26].

Транскраниальное электрообезбоживание (электростимуляция) представляет собой электрическое воздействие на головной мозг, оказывая через наружные покровы черепа стимулирующее влияние на кору и подкорковые структуры головного мозга, реализует свои анальгетические эффекты, в том числе и на периферии с последующей активацией защитно-адаптационных механизмов живого организма [4, 22–24].

Немедикаментозные методы обезбоживания и стимуляции все шире применяются в клинической практике, и интерес к их изучению в последнее время растет. Наряду с различными видами терапии, в том числе и рефлексотерапии, определенное место среди них отводится электроанальгезии, возникающей при действии тока на головной мозг через покровы черепа (транскраниальная электроанальгезия) [6]. Метод привлекает своей технической простотой и возможной перспективой достижения не только электроанальгезии, но и электростимуляции органно-тканевых структур организма [5, 7, 25].

Необходимо учесть, что порой задачи физиологических экспериментов, выполняемых в форме острых опытов, требуют исключения воздействия фармакологических препаратов, так или иначе влияющих на исследуемые органы или системы их управления [8–10]. Поэтому весьма важно, чтобы длительность обезбоживания соответствовала периоду препаровки, и действие обезбоживания полностью прекращалось в период наблюдения, т.е. продолжительность воздействия должна произвольно управляться экспериментатором, а само воздействие должно прекращаться без последствий. Этим требованиям может удовлетворять электрообезбоживание, как метод неинвазивного воздействия на организм [6, 27].

В недавних исследованиях было обнаружено, что морфиноподобные пептиды активизируют процессы регенерации в различных тканях и структурах организма, способствуя их более быстрому восстановлению [11]. Гипотеза заключается в том, что морфиноподобные пептиды, которые высвобождаются при активации антиноцицептивных механизмов в результате повреждений, выполняют важную функцию в поддержании структурного гомеостаза организма. Это означает, что опиоидные пептиды помогают организму восстановить и поддерживать нормальное состояние тканей и органов после повреждений, т.е. представлять собой некую патогенетическую составляющую [11, 12, 29]. Гомеостатическая направленность действия транскраниальной электростимуляции (ТЭС) проявляется в полной мере при нарушениях регуляции функций систем и органов, не изменяя нормально текущие процессы. Из этого следует, что возможная эффективность лечебных воздействий ТЭС в определенной степени ограничена пределами гомеостатических возможностей организма.

Известно, что активация антиноцицептивных структур мозга вызывает анальгетический эффект, обусловленный высвобождением в организме опиоидных пептидов [11]. Неинвазивное транскраниальное электрическое воздействие (транскраниальная электрическая стимуляция) является одним из методов стимуляции опиоидных структур антиноцицептивной системы организма. Главный реализуемый принцип при проведении транскраниального электровоздействия – соблюдение основного свойства данного метода: соответствие частотно-временных характеристик электрических импульсов квазирезонансным свойствам антиноцицептивной системы.

Экспериментально-клиническими исследованиями было отмечено, что во время и после ТЭС усиливалось выделение опиоидного пептида –  $\beta$ -эндорфина в мозге и увеличивалась концентрация этого пептида в спинномозговой жидкости и крови [13]. При этом наиболее интенсивное выделение  $\beta$ -эндорфина происходило при стимуляции частотой, оптимальной для анальгетического эффекта. В формировании анальгетического эффекта активно участвуют серотониновые механизмы антиноцицептивной системы (АНС), связанные,

вероятно, с опиоидными последовательно. Все эти факты соответствуют общепринятым критериям, которые принимаются как доказательства участия опиоидных пептидов в эффектах стимуляции АНС.

Исследования в этой области продолжаются, и электростимуляция с анальгетическими параметрами тока рассматривается как перспективный метод в разработке эффективных и неинвазивных методов обезболивания, благодаря легкому и быстрому получению обезболивания, отсутствию побочных явлений, токсических и аллергических осложнений. В дополнение к приведенной выше информации важно отметить следующее: электрообезболивание является полезным дополнением к традиционным методам обезболивания, медикаментозной терапии и физиотерапии при лечении различных патологий у животных [14, 15].

Цель исследования: изучить влияние транскраниальной электростимуляции на скорость заживления кожных ран у лабораторных животных.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились на базе Иркутского ГАУ в 2023 г. Объектом исследования служили нелинейные белые лабораторные крысы-самцы в количестве 80 голов живой массой  $240 \pm 25$  г. Всех животных разделили на четыре группы (одну контрольную и три опытные) по 15 голов в каждой. В контрольной группе у подопытных животных не применяли никаких способов терапии. В первой опытной группе (1-я опытная) использовали режим ТЭС в виде сочетания постоянного и переменного токов анальгетических параметров: постоянный ток силой 0,8 мА и прямоугольный импульсный ток силой 0,4 мА с частотой 70 Гц и длительностью импульса 3–3,5 мс. Во второй (2-я опытная) и третьей (3-я опытная) опытных группах использовали то же сочетание постоянного и переменного токов, менялась только частота импульса: на 50 и 90 Гц (частоты «неанальгетического раздражения») соответственно. Сеансы транскраниального электровоздействия (ТЭВ) в опытных группах проводили один раз в день по 30 мин в течение трех дней после нанесения кожных ран («лечебное воздействие»).

В ходе экспериментальной процедуры подопытные животные были зафиксированы в специальных станках, которые обеспечивали их естественное положение, чтобы избежать дискомфорта. Использовался генератор импульсов, который генерировал контролируемые параметры

тока и был стабилизирован по напряжению. Генератор импульсов был настроен на подачу тока определенных параметров, включая силу тока, частоту импульсов и длительность импульсов, обозначенных выше. Ток подавался через тонкие игольчатые электроды, имплантированные под кожу в определенных областях головы животных после предварительного выстригания шерсти. В лобную область и позади ушных раковин подожно вводились электроды.

С целью выяснения возможности использования транскраниальной электростимуляции для подготовки животных к операции были проведены опыты с двумя режимами воздействия: в течение трех дней до нанесения раны и трех дней после операции («профилактическое» и «лечебное» действие). Были созданы четыре группы (1-я и 2-я лечебная; 1-я и 2-я профилактическая) по пять крыс в каждой. В обоих случаях применялся как анальгетический (1-я лечебная и 1-я профилактическая группы), так и неанальгетический (2-я лечебная и 2-я профилактическая группы) режимы электровоздействия по вышеописанной методике.

Для создания модели кожной раны у крыс под общей неингаляционной анестезией («Золетил 100» – 0,4 мг/кг интрамускулярно) с соблюдением правил асептики удаляли кожный лоскут в области спины диаметром  $15 \pm 2$  мм [2]. В дальнейшем животных содержали отдельно для предохранения от взаимного вылизывания раневой поверхности.

Динамику заживления кожных ран проводили с помощью метода планиметрии и оценивали средние сроки полного заживления с последующей математической обработкой по общепринятой в биологии методике.

Одновременно, помимо описанных выше методик, для выявления любых видимых изменений в двигательной активности животных, их реакции на стимулы, для оценки их общего состояния проводили поведенческие наблюдения в течение эксперимента.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение влияния транскраниальной электростимуляции на заживление ран проводилось на крысах с использованием различных параметров тока: анальгетических и неанальгетических. Результаты исследования показали, что использование анальгетических параметров тока с частотой

70 Гц приводит к ускорению процесса заживления ран на 21 % в сравнении с контролем. Наоборот, воздействие с неанальгетическими частотами (50

и 90 Гц) не оказывало никакого значимого влияния на скорость заживления ран на протяжении всего срока эксперимента (табл. 1).

Таблица 1

**Влияние транскраниального электрического воздействия с различными параметрами тока на средний срок полного заживления ран**  
**The effect of transcranial electrical stimulation with different current parameters on the average time of complete wound healing**

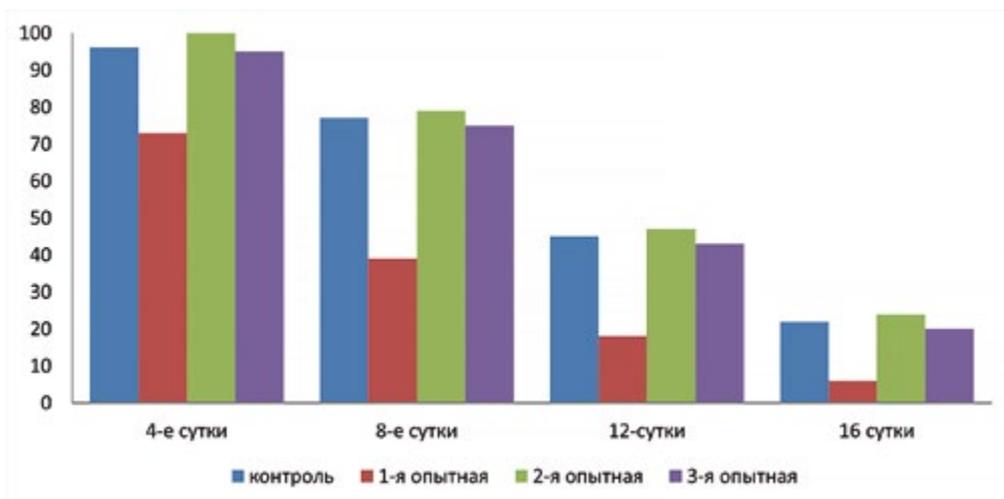
Группа	Условия эксперимента			Срок полного заживления, дни	Процент к контролю
	Частота, Гц	Сила постоянного тока, мА	Сила импульсного тока, мА		
Контрольная	–	–	–	21,3±0,61	100,0
1-я опытная	70	0,8	0,4	16,8±0,26	79,8*
2-я опытная	50	0,8	0,4	21,8±0,52	102,2
3-я опытная	90	0,8	0,4	21,4±0,54	100,0

\*Достоверность результата ( $P < 0,05$ ).

Характер ран у животных, которые подверглись электростимуляции с частотой 70 Гц, имели значительное отличие от животных контрольной группы: струп тонкий, просвечивает розовая поверхность раны, нежный. В свою очередь, одновременно с раневой контракцией отмечается ускорение процесса эпителизации раневого дефекта и, как следствие, раньше происходит отторжение первичного струпа.

Наибольшее ускорение заживления кожных ран у крыс отмечается на 4–7 сут после проведения лечебно-стимулирующих процедур (частота 70 Гц). У животных контрольной группы рост темпа заживления наблюдается спустя более длительное время, на 10–11 сут. В то же время раны

у животных, получавших электровоздействие с «неоптимальными» частотами (50 и 90 Гц), носили аналогичные характерные особенности в заживлении ран у крыс контрольной группы: грубый и плотнospаенный с раневым дефектом струп, позднее его отторжение и, как следствие, замедленный процесс эпителизации. Получается, что в группах опытов, где использовали частоты прямоугольных импульсов 50 и 90 Гц (частоты «раздражения»), которые не являются оптимальными для получения анальгетического эффекта, эффективность заживления ран была ниже, чем при параметрах тока, достигающих анальгетических показателей (рисунок).



Влияние транскраниального электрического воздействия при различных частотах на скорость заживления кожных ран, %/сут.

The effect of transcranial electrical stimulation at different frequencies on the rate of healing of skin wounds, %/day

Весьма характерным было и поведение животных во время проведения процедуры. При применении к крысам электростимуляции с анальгетическими параметрами тока (способной подавлять болевые ощущения), наблюдается ряд характерных изменений в их поведении. Животные успокаиваются, прекращая спонтанную вокализацию (писки). Они становятся малоподвижными, проявляя минимальную активность. Во многих случаях крысы впадают в состояние, напоминающее сон («сноподобное» состояние), характеризующееся снижением двигательной активности и реакций на внешние раздражители.

При прекращении подачи тока на электроды крысы сразу же возвращаются к исходному состоянию. Они становятся активными и подвижными, пытаются освободиться от фиксирующего устройства, в которое они помещены для проведения эксперимента. Это свидетельствует о том, что эффект электростимуляции обратим и не приводит к длительным изменениям в поведении животных [13].

Электростимуляция с анальгетическими параметрами тока, способная подавлять болевые ощущения, широко используется в исследованиях нейрофизиологии боли и разработке новых методов обезболивания [16–18, 23]. Механизм действия такой электростимуляции связан с

активацией нейронов, которые высвобождают эндогенные обезболивающие вещества, такие как эндорфины и энкефалины. Эти вещества взаимодействуют с опиоидными рецепторами в центральной нервной системе, что приводит к подавлению болевых сигналов и уменьшению болевых ощущений [7, 19, 29].

Кроме того, электростимуляция с анальгетическими параметрами тока может влиять на различные физиологические процессы, связанные с болью и стрессом, включая снижение частоты сердечных сокращений, артериального давления и уровня кортизола (гормона стресса). Эти эффекты могут усиливать обезболивающее действие электростимуляции и улучшать общее самочувствие животных, особенно при патологии.

При использовании же частот 50 и 90 Гц поведение животных было иным: в процессе воздействия животные в клетках оставались спокойными, сохранялись спонтанные голосовые и двигательные ответные реакции.

В специальных экспериментах по изучению лечебного и профилактического влияния на раневую контракцию было установлено, что ускорение заживления отмечалось всегда при анальгетическом и никогда при неанальгетическом режиме транскраниального электровоздействия (табл. 2).

Таблица 2

**Влияние транскраниальных электрических воздействий при различных способах применения на динамику полного заживления ран**  
**The influence of transcranial electrical stimulation with different methods of application on the dynamics of complete wound healing**

Группа	Средний диаметр ран, мм				Срок полного заживления, дни	Процент к контролю
	4-е сут	8-е сут	12-е сут	16-е сут		
Контрольная	10,9±0,3	9,9±0,4	5,2±0,4	2,2±0,2	20,4±0,6	100
1-я профилактическая	9,6±0,3	7,5±0,3	2,3±0,5	0,5±0,3	16,1±0,8	79*
2-я профилактическая	10,8±0,2	9,8±0,3	5,7±0,6	2,0±0,4	20,3±0,6	100
1-я лечебная	10,1±0,4	8,2±0,5	3,6±0,3	0,8±0,3	17,3±0,9	83*
2-я лечебная	12,4±0,3	10,1±0,4	5,4±0,3	2,1±0,3	20,8±0,6	102

\*Достоверность результата ( $P < 0,05$ ).

Процесс заживления и сокращение сроков регенерации был особенно выражен у животных с «профилактическим» проведением процедур транскраниальной электростимуляции. В «профилактической» группе у животных изменение размеров ран значительно опережало таковое у крыс с «лечебным» воздействием. Уже на 4-е сут разница в площади ран между опытными

группами и контролем статистически достоверна и составляет 12 %, в то время как «лечебное» воздействие лишь к 8-м сут приводит к такой же раневой контракции. Ранняя раневая контракция, связанная с более ранним формированием грануляционной ткани, приводит к сокращению сроков полного заживления раны. Если в группе с «лечебным» применением электрического

воздействия сокращение срока полного заживления ран составило в среднем 3,4 дня, то у крыс с «профилактическим» его применением – 4,1 дня, что равно 17 и 21 % соответственно.

Полученные данные свидетельствуют о том, что транскраниальные электрические воздействия способствуют ускорению регенерации ран у животных. Как нам представляется, полученные результаты не оставляют сомнений в том, что физиотерапевтический способ воздействия на организм – транскраниальная электростимуляция помимо центральных структур весьма эффективно влияет на функцию периферических систем.

Транскраниальная электростимуляция дает не только анальгетический, но и другие эффекты, причем и тогда воздействие током с оптимальными параметрами имеет первостепенное значение [1, 12]. Наибольшую эффективность показали параметры электрического раздражения, вызывающие анальгетический эффект. Активация эндорфинных структур антиноцицептивной системы является одним из механизмов, способствующих развитию анальгетического эффекта при транскраниальном электровоздействии. Данный способ раздражения вызывал существенное увеличение β-эндорфина в ликворе и в крови у животных. Это обстоятельство, несомненно, свидетельствует в пользу представления о важной роли опиоидных пептидов в механизмах репарации и поддержания структурного гомеостаза организма [3, 9].

Все эти факты соответствуют общепринятым критериям, которые принимаются как доказательства участия опиоидных пептидов в эффектах стимуляции АНС. Все эффекты ТЭС по механизму можно условно разделить на центральные, периферические и комбинированные (смешанные). При этом имеется в виду, что центральные эффекты связаны с влиянием усиленного выделения и действия эндорфинов, серотонина и, возможно, других биологически активных веществ непосредственно на структуры мозга, а периферические – с действием эндорфинов, поступивших в кровь. Следует подчеркнуть, что в формировании эффектов ТЭС, особенно периферических, ключевая (или триггерная) роль β-эндорфинов и других опиоидных пептидов несомненна. Кроме того, существенную роль в регенеративно-восстановительных процессах покровной ткани может оказывать нормализующее действие опиоидов на микроциркуляцию и лимфоток в месте кожного дефекта.

Важно отметить, что лечебное действие наблюдалось только в начальной фазе процесса ре-

парации, что приводило к ускоренному заживлению ран в этот временной период с уменьшением общих сроков регенерации дефекта. Эти данные показывают, что ТЭС в анальгетическом режиме оказывает комплексное лечебное воздействие. Природа данного явления требует еще более глубокого изучения, но уже сейчас можно констатировать факт наличия у животных ответных нейробиохимических механизмов, направленных на регенеративно-восстановительные возможности организма под неинвазивным действием транскраниальной электроанальгезии (электростимуляции) [4, 11, 14, 18, 20, 22, 27].

## ВЫВОДЫ

1. Подтверждается представление о том, что в организме существует уникальный механизм восстановительных процессов, значительную роль в которых играют опиоидергические антиноцицептивные структуры головного мозга, которые, в свою очередь, существенно влияют на процессы поддержания структурного гомеостаза.

2. Очень широкие показания к применению данной методики, при наличии ограниченного круга противопоказаний, являются естественным отражением основного свойства данного режима транскраниальной электростимуляции (электроанальгезии) – способности активировать защитные механизмы АНС, которые обладают большим спектром гомеостатических эффектов.

3. Гомеостатическая направленность действия транскраниальной электростимуляции проявляется в полной мере при нарушениях регуляции функций систем и органов, не изменяя нормально текущие процессы.

4. Простота и доступность метода, практическое отсутствие осложнений и противопоказаний делают целесообразным его широкое использование в экспериментально-клинической практике.

5. Способ транскраниальной электростимуляции (электроанальгезии) целесообразно применять, как химически чистый, в экспериментальной ветеринарии (медицине) на биологических объектах с целью нивелирования в организме присутствия лекарственных веществ и продуктов их биотрансформации.

6. Из-за простоты, доступности и отсутствия последствий, транскраниальную электростимуляцию (электроанальгезию) необходимо использовать в экспериментальной ветеринарии (медицине) при моделировании и изучения течения различных патологий у лабораторных животных.

7. Стимулирующее действие транскраниальной электроанальгезии на репаративные процессы у животных необходимо использовать в ветеринарной практике для сокращения сроков функциональной реабилитации.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Веселова Ф.А., Дашко Д.В.* О перспективах применения транскраниальной электростимуляции при регенерации костной ткани // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: сб. VII Всерос. (нац.) науч. конф. с междунар. участием, Новосибирск, 20 декабря 2022 г. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2022. – С. 372–374.
2. *Дашко Д.В.* Влияние электростимуляции на регенерацию седалищного нерва // Иппология и ветеринария. – 2023. – № 1(47). – С. 129–137. – DOI: 10.52419/2225-1537/2023.1.129-137.
3. *Dashko D.V.* Treatment of purulo-necrotic pathology complicated by associated bacterial microflora in the hoof area in cows // E3S Web of Conferences, Orel, 24–25 февраля 2021 г. – Orel, 2021. – P. 09015. – DOI: 10.1051/e3sconf/202125409015.
4. *Morphofunctional changes in rabbit thymus with simultaneous vaccination and disinsection / I.I. Silkin, A.S. Batomunkuev, D.V. Dashko, V.N. Tarasevich // IOP conference series: earth and environmental science: Agriculture, field cultivation, animal husbandry, forestry and agricultural products Сер. 2, Smolensk, 25 января 2021 года. Vol. 723. – Smolensk, 2021. – P. 022060. – DOI: 10.1088/1755-1315/723/2/022060.*
5. *Дашко Д.В.* Гематологические изменения у собак при электроанальгезии // Вестник ИрГСХА. – 2013. – № 58. – С. 102–108.
6. *Clinical usefulness of the anaesthetic protocol using low doses of Tiletamine – Zolazepam combination in continuous rate infusion as a partial intravenous anaesthesia in bitches undergoing laparoscopic surgery / P. Kucharski, A. Antończyk, P. Prządka [et al.] // Topics in Companion Animal Medicine. – 2022. – Vol. 49. – P. 100664. – DOI: 10.1016/j.tcam.2022.100664.*
7. *Дашко Д.В.* Клинико-лабораторное обоснование способа электроанальгезии собак // Вестник ИрГСХА. – 2013. – № 57–3. – С. 59–66.
8. *Dashko D.V., Byambaa B.* Treatment of purulent-necrotic diseases of the distal region of limbs complicated by bacterial microflora in cattle // Vestnik IrGSHA. – 2020. – No. 101. – P. 128–134. – DOI: 10.51215/1999-3765-2020-101-128-134.
9. *Dashko D., Silkin I.* Effect of transcranial electrotherapy stimulation on reparative regeneration of the damaged sciatic nerve in the experiment // E3S Web of Conferences, Orel, 24–25 февраля 2021 г. – Orel, 2021. – P. 08010. – DOI: 10.1051/e3sconf/202125408010.
10. *Dashko D.V., Silkin I.I.* Relevance of the use of postmortem biomaterial of domesticated yak (*Bos grunniens*) to obtain stem cells from bone marrow // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. – 2023. – Vol. 15, No. 2. – P. 11–23. – DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-2-11-23.
11. *Дашко Д.В.* Определение оптимальных параметров тока и вариантов наложения электродов для проведения электроанальгезии у собак // Научные исследования и разработки к внедрению в АПК: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, Иркутск, 17–18 апреля 2013 г. – Иркутск, 2013. – С. 183–187.
12. *Дашко Д.В.* Лечение гнойно-некротической патологии осложненной бактериальной инфекцией, в области дистального отдела конечностей у крупного рогатого скота // Год науки и технологий 2021: сб. тез. по мат-м Всерос. науч.-практ. конф., Краснодар, 9–12 февраля 2021 г. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 43.
13. *Дашко Д.В.* Оптимизация параметров тока и вариантов наложения электродов при электроанальгезии собак импульсным током прямоугольной формы // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2013. – № 6. – С. 27–32.
14. *Dashko D., Tarasevich V., Melnik O.* Experimental and clinical justification of male orchidectomy under local anesthesia in combination with xylazine and subanesthetic doses of zoletil // E3S Web of Conferences, Yekaterinburg, 15–16 октября 2020 г. – Yekaterinburg, 2020. – P. 2027. – DOI: 10.1051/e3sconf/202022202027.
15. *Дашко Д.В., Батомункуев А.С.* К вопросу применения перкутанного метода кастрации продуктивных животных в условиях производства // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2020. – № 4(61). – С. 159–163. – DOI: 10.34655/bgsha.2020.61.4.024.
16. *Дашко Д.В., Мельцов И.В.* Гистологическая структура печени маньчжурского золотистого перепела // Морфология. – 2020. – Т. 157, № 2–3. – С. 68.
17. *Electron-microscopic study of enterocytes of intestinal crypts of the small intestine of a hybrid of a yak (*Bos mutus*) with a cow of a black-and-white Holstein breed / I.I. Silkin, A.S. Batomunkuev, D.V. Dashko, V.N. Tarasevich // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: Mechanization, engineering, technology, innovation and digital technologies in agriculture Сер. 3, Smolensk, 25 января 2021 г. – Smolensk: IOP PUBLISHING LTD, 2021. – P. 032084. – DOI: 10.1088/1755-1315/723/3/032084.*

18. Дашко Д.В., Начатов Н.Я., Дарбинян А.А. Экспериментальное клинико-гематологическое обоснование параметров тока и вариантов наложения электродов при электроанальгезии собак импульсным током прямоугольной формы // Актуальные вопросы ветеринарной медицины: мат-лы Российс. науч.-практ. конф., Новосибирск, 13–14 февраля 2003 г. – Новосибирск, 2003. – С. 9–11.
19. Дашко Д.В., Силкин И.И., Урядников М.А. О природе неинвазивного действия на организм при транскраниальном электрическом воздействии // Проблемы и перспективы устойчивого развития агропромышленного комплекса: мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. памяти Александра Александровича Ежевского, п. Молодежный, 16–17 ноября 2023 г. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 77–83.
20. Silkin I.I., Popov A.P., Dashko D.V. Prospects for using post-mortal genetic materials on the example of sable to ensure the biodiversity in natural systems // IOP conference series: earth and environmental science: The conference proceedings, Barnaul, 19–20 апреля 2019 г. Vol. 395. – IOP Publishing: IOP Publishing Ltd, 2019. – P. 012019. – DOI: 10.1088/1755-1315/395/1/012019.
21. Инюшева А.И., Дашко Д.В. Экспериментальное изучение анальгетического эффекта транскраниального электровоздействия // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии: мат-лы XI Междунар. науч.-практ. конф., Иркутск, 28–29 апреля 2022 г. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет, 2022. – С. 430–437.
22. Кравченко А.А., Дашко Д.В. О перспективе снижения послеоперационной боли у собак // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК: мат-лы Всерос. студ. науч.-практ. конф., Иркутск, 16–17 февраля 2023 г. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 59–62.
23. Логунцова М.С., Дашко Д.В. Влияние транскраниального неинвазивного раздражения антиноцицептивных структур мозга на процессы репарации // Актуальные проблемы ветеринарной науки и практики: сб. мат-в Всерос. (нац.) науч.-практ. конф., Омск, 22–26 марта 2021 г. – Омск: Омский государственный аграрный университет, 2021. – С. 41–44.
24. Логунцова М.С., Дашко Д.В. Влияние транскраниальной электростимуляции на исходную алкогольную мотивацию у крыс // Актуальные проблемы ветеринарной науки и практики: сб. мат-в Всерос. (нац.) науч.-практ. конф., Омск, 22–26 марта 2021 г. – Омск: Омский государственный аграрный университет, 2021. – С. 136–139.
25. Логунцова М.С., Дашко Д.В. Влияние транскраниальной электростимуляции на процессы репарации в эксперименте // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии: мат-лы X Междунар. науч.-практ. конф., Молодежный, 27–28 мая 2021 г. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет, 2021. – С. 114–115.
26. Марчук Т.Н., Дашко Д.В. Гематологические показатели у лабораторных животных при электростимуляции // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке: мат-лы XXVII Междунар. науч.-произв. конф., Майский, 12 апреля 2023 г. Т. 2. – Майский: Белгород. гос. агр. ун-т им. В.Я. Горина, 2023. – С. 149–150.
27. Марчук Т.Н., Дашко Д.В. О возможности снижения послеоперационной боли у мелких домашних животных // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке: мат-лы XXVII Междунар. науч.-произв. конф., Майский, 12 апреля 2023 г. Т. 2. – Майский: Белгород. гос. агр. ун-т им. В.Я. Горина, 2023. – С. 147–148.
28. Мухаметдинова А.В., Дашко Д.В. О возможности применения рефлексотерапии у овец // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК: мат-лы Всерос. студ. науч.-практ. конф., Иркутск, 16–17 февраля 2023 г. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 80–83.
29. Силкин И.И., Дашко Д.В., Урядников М.А. Оптимизация способа общей анестезии кроликов // Климат, экология и сельское хозяйство Евразии: мат-лы XII междунар. науч.-практ. конф., п. Молодежный, 27–28 апреля 2023 г. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 303–307.

## REFERENCES

1. Veselova F.A., Dashko D.V., *Rol' agrarnoy nauki v ustoychivom razvitiy sel'skikh territoriy* (The role of agricultural science in the sustainable development of rural areas), Collection of the VII All-Russian (national) scientific conference with international participation, Novosibirsk, 2022, pp. 372–374. (In Russ.)
2. Dashko D.V., *Ippologiya i veterinariya*, 2023, No. 1(47), pp. 129–137, DOI: 10.52419/2225-1537/2023.1.129-137. (In Russ.)
3. Dashko D.V., Treatment of purulo-necrotic pathology complicated by associated bacterial microflora in the hoof area in cows, *E3S Web of Conferences*, 2021, pp. 09015, DOI: 10.1051/e3sconf/202125409015.

4. Silkin I.I., Batomunkuev A.S., Dashko D.V., Tarasevich V.N., Morphofunctional changes in rabbit thymus with simultaneous vaccination and disinsection, *IOP conference series: earth and environmental science: Agriculture, field cultivation, animal husbandry, forestry and agricultural products Ser. 2*, 2021, Vol. 723, pp. 022060, DOI: 10.1088/1755-1315/723/2/022060.
5. Dashko D.V., *Vestnik IrGSKHA*, 2013, No. 58, pp. 102–108. (In Russ.)
6. Kucharski P., Antończyk A., Prządka P., Liszka B., Lachowska S., Kiełbowicz Z., Clinical usefulness of the anaesthetic protocol using low doses of Tiletamine – Zolazepam combination in continuous rate infusion as a partial intravenous anaesthesia in bitches undergoing laparoscopic surgery, *Topics in Companion Animal Medicine*, 2022, Vol. 49, pp. 100664, DOI: 10.1016/j.tcam.2022.100664.
7. Dashko D.V., *Vestnik IrGSKHA*, 2013, No. 57–3, pp. 59–66. (In Russ.)
8. Dashko D.V., Byambaa B., Treatment of purulent-necrotic diseases of the distal region of limbs complicated by bacterial microflora in cattle, *Vestnik IrGSHA*, 2020, No. 101, pp. 128–134, DOI: 10.51215/1999-3765-2020-101-128-134.
9. Dashko D., Silkin I., Effect of transcranial electrotherapy stimulation on reparative regeneration of the damaged sciatic nerve in the experiment, *E3S Web of Conferences*, 2021, pp. 08010, DOI: 10.1051/e3sconf/202125408010.
10. Dashko D.V., Silkin I.I., Relevance of the use of postmortem biomaterial of domesticated yak (*Bos grunniens*) to obtain stem cells from bone marrow, *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2023, Vol. 15, No. 2, pp. 11–23, DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-2-11-23.
11. Dashko D.V., *Nauchnyye issledovaniya i razrabotki k vnedreniyu v APK* (Scientific research and development for implementation in the agricultural sector), Proceedings of the International Scientific and Practical Conference of Young Scientists, Irkutsk, 2013, pp. 183–187. (In Russ.)
12. Dashko D.V., *God nauki i tekhnologiy 2021* (Year of Science and Technology 2021), Collection of abstracts based on the materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Krasnodar, 2021, pp. 43. (In Russ.)
13. Dashko D.V., *Aktual'nyye voprosy agrarnoy nauki*, 2013, No. 6, pp. 27–32. (In Russ.)
14. Dashko D., Tarasevich V., Melnik O., Experimental and clinical justification of male orchidectomy under local anesthesia in combination with xylazine and subanesthetic doses of zoletil, *E3S Web of Conferences*, 2020, pp. 2027, DOI: 10.1051/e3sconf/202022202027.
15. Dashko D.V., Batomunkuev A.S., *Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii im. V.R. Filippova*, 2020, No. 4(61), pp. 159–163, DOI: 10.34655/bgsha.2020.61.4.024. (In Russ.)
16. Dashko D.V., Meltsov I.V., *Morfologiya*, 2020, T. 157, No. 2–3, pp. 68. (In Russ.)
17. Silkin I.I., Batomunkuev A.S., Dashko D.V., Tarasevich V.N., Electron-microscopic study of enterocytes of intestinal crypts of the small intestine of a hybrid of a yak (*Bos mutus*) with a cow of a black-and-white Holstein breed, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: Mechanization, engineering, technology, innovation and digital technologies in agriculture Ser. 3*, IOP PUBLISHING LTD, 2021, pp. 032084, DOI: 10.1088/1755-1315/723/3/032084.
18. Dashko D.V., Nachatov N.Ya., Darbinyan A.A., *Aktual'nyye voprosy veterinarnoy meditsiny* (Current issues of veterinary medicine), Materials of the Russian Scientific and Practical Conference, Novosibirsk, 2003, pp. 9–11. (In Russ.)
19. Dashko D.V., Silkin I.I., Uryadnikov M.A., *Problemy i perspektivy ustoychivogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa* (Problems and prospects for the sustainable development of the agro-industrial complex), Materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation, dedicated to the memory of Alexander Alexandrovich Ezhevsky, Irkutsk, 2023, pp. 77–83. (In Russ.)
20. Silkin I.I., Popov A.P., Dashko D.V., Prospects for using post-mortal genetic materials on the example of sable to ensure the biodiversity in natural systems, *IOP conference series: earth and environmental science: The conference proceedings*, IOP Publishing Ltd, 2019, Vol. 395, pp. 012019, DOI: 10.1088/1755-1315/395/1/012019.
21. Inyusheva A.I., Dashko D.V., *Klimat, ekologiya, sel'skoye khozyaystvo Yevrazii* (Climate, ecology, agriculture of Eurasia), materials of the XI International Scientific and Practical Conference, Irkutsk, 2022, pp. 430–437. (In Russ.)
22. Kravchenko A.A., Dashko D.V., *Nauchnyye issledovaniya studentov v reshenii aktual'nykh problem APK* (Scientific research of students in solving current problems of the agro-industrial complex), Materials of the All-Russian Student Scientific and Practical Conference, Irkutsk, 2023, pp. 59–62. (In Russ.)
23. Loguntsova M.S., Dashko D.V., *Aktual'nyye problemy veterinarnoy nauki i praktiki* (Current problems of veterinary science and practice), Collection of materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference, Omsk, 2021, pp. 41–44. (In Russ.)
24. Loguntsova M.S., Dashko D.V., *Aktual'nyye problemy veterinarnoy nauki i praktiki* (Current problems of veterinary science and practice), Collection of materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference, Omsk, 2021, pp. 136–139. (In Russ.)
25. Loguntsova M.S., Dashko D.V., *Klimat, ekologiya, sel'skoye khozyaystvo Yevrazii* (Climate, ecology, agriculture of Eurasia), Proceedings of the X International Scientific and Practical Conference, 2021, pp. 114–115. (In Russ.)

26. Marchuk T.N., Dashko D.V., *Izovy i innovatsionnyye resheniya v agrarnoy nauke* (Challenges and innovative solutions in agricultural science), Proceedings of the XXVII International Scientific and Industrial Conference, Mayskiy, 2023, Vol. 2, pp. 149–150. (In Russ.)
27. Marchuk T.N., Dashko D.V., *Izovy i innovatsionnyye resheniya v agrarnoy nauke* (Challenges and innovative solutions in agricultural science), Proceedings of the XXVII International Scientific and Industrial Conference, Mayskiy, 2023, Vol. 2, pp. 147–148. (In Russ.)
28. Mukhametdinova A.V., Dashko D.V., *Nauchnyye issledovaniya studentov v reshenii aktual'nykh problem APK* (Scientific research of students in solving current problems of the agro-industrial complex), Materials of the All-Russian student scientific and practical conference, Irkutsk, 2023, pp. 80–83. (In Russ.)
29. Silkin I.I., Dashko D.V., Uryadnikov M.A., *Klimat, ekologiya i sel'skoye khozyaystvo Yevrazii* (Climate, ecology and agriculture of Eurasia), Materials of the XII international scientific and practical conference, Molodezhny village, 2023, pp. 303–307. (In Russ.)

**Информация об авторах:**

М.А. Урядников, аспирант ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, п. Молодёжный, Иркутский р-н г. Иркутск.

Д.В. Дашко, кандидат ветеринарных наук, доцент, доцент ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, п. Молодёжный, Иркутский р-н г. Иркутск.

**Contribution of the authors:**

M.A. Uryadnikov, postgraduate student FSBEI HE Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsk, Molodezhny, Russian Federation.

D.V. Dashko, candidate of veterinary sciences, associate professor FSBEI HE Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsk, Molodezhny, Russian Federation.

**Вклад авторов:**

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.