



DOI: 10.22363/2312-797X-2025-20-4-645-657

EDN CLONDN

УДК 619:617.581:636.7

Научная статья / Research article

Методологическая основа имплантации бесцементного бедренного компонента эндопротеза тазобедренного сустава у собак

А.М. Пантюлин¹  , И.Ф. Вилковський^{2,3} ¹Ветеринарная клиника доктора Сотникова, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация²Сеть ветеринарных центров «МедВет», г. Москва, Российская Федерация³Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация a.pantulin@gmail.com

Аннотация. Тотальное эндопротезирование у собак — эффективный метод лечения различных патологий тазобедренного сустава. Однако сохраняется проблема асептической нестабильности бедренного компонента в послеоперационном периоде. Проведен анализ 227 операций с использованием российской бесцементной системы V@art, разработанной на основе швейцарской технологии KYON, но с рядом усовершенствований: монолитная конструкция ножки из титанового сплава Ti6Al4V ELI, двухзаходная конусная резьба фиксирующих винтов и оптимальный протокол их установки. Результаты демонстрируют, что модифицированный протокол установки системы V@art обеспечивает надежную остеоинтеграцию уже к 45-му дню после операции, сокращает стоимость вмешательства и минимизирует риски. Система может рассматриваться как перспективная альтернатива зарубежным аналогам в ветеринарной практике Российской Федерации.

Ключевые слова: эндопротезирование, ортопедия, остеоинтеграция, остеоартрит

Вклад авторов: Пантюлин А.М. — переработка и структурирование полученной информации, контент-анализ исследуемых данных; Вилковський И.Ф. — поиск и первичная систематизация исследуемых данных. Все авторы ознакомились с окончательной версией рукописи и одобрили ее.

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

История статьи: поступила в редакцию 1 сентября 2025 г., принята к публикации 8 октября 2025 г.

Для цитирования: Пантюлин А.М., Вилковський И.Ф. Методологическая основа имплантации бесцементного бедренного компонента эндопротеза тазобедренного сустава у собак // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: *Агронимия и животноводство*. 2025. Т. 20. № 4. С. 645–657. doi: 10.22363/2312-797X-2025-20-4-645-657 EDN: CLONDN

© Пантюлин А.М., Вилковський И.Ф., 2025



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Methodological basis for implantation of a cementless femoral component in canine total hip replacement

Andrey M. Pantyulin¹  , Ilya F. Vilkovskiy^{2,3} 

¹Doctor Sotnikov Veterinary Clinic, Saint Petersburg, Russian Federation

²MedVet Veterinary Centers, Moscow, Russian Federation

³RUDN University, Moscow, Russian Federation

 a.pantylin@gmail.com

Abstract. Total hip replacement in dogs is an effective method for treating various pathologies of the hip joint. However, the problem of aseptic instability of the femoral component in the postoperative period persists. An analysis of 227 surgeries using the Russian cementless system V@art was conducted. This system was developed based on Swiss KYON technology but incorporates a number of improvements: a monolithic stem made of Ti6Al4V ELI titanium alloy, a double-lead conical thread for the fixation screws, and an optimized protocol for their placement. The results demonstrate that the modified implantation protocol for the V@art system ensures reliable osseointegration as early as 45 days postoperatively, reduces the cost of the intervention, and minimizes risks. The system can be considered a promising alternative to foreign analogues in veterinary practice within the Russian Federation.

Keywords: arthroplasty, orthopedics, osseointegration, osteoarthritis

Authors' contribution: Pantyulin A.M. — processing and structuring of the obtained information, content analysis of the research data; Vilkovskiy I.F. — search and primary systematization of the research data. All authors have read and approved the final version of the manuscript.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interest.

Article history: received 1 September 2025; accepted 8 October 2025.

For citation: Pantyulin AM, Vilkovskiy IF. Methodological basis for implantation of a cementless femoral component in canine total hip replacement. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2025;20(4):645–657. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2025-20-4-645-657 EDN: CLONDN

Введение

С начала 2000-х гг. наблюдается рост количества операций тотального эндопротезирования тазобедренного сустава (ТЭТС) у собак что связано с высокой эффективностью метода в долгосрочной перспективе по сравнению с альтернативными хирургическими и консервативными подходами [1–4].

Остеоэктомия головки и шейки бедренной кости — это относительно простой и наиболее экономичный вариант [5, 6]. Однако остеоэктомия может привести к послеоперационным осложнениям, таким как укорочение конечности, атрофия мышц, уменьшение диапазона движений и постоянная хромота [7–10].

Накопленный клинический опыт и разнообразие доступных имплантов позволяют совершенствовать хирургическую технику и оптимизировать конструкцию протезов, что способствует снижению частоты интра- и послеоперационных

осложнений. Однако одной из ключевых проблем остается нестабильность бедренного компонента (ножки протеза), которая может быть обусловлена инфекционным процессом, недостаточной первичной стабильностью, ошибками в подборе размера импланта [11, 12]. Наиболее частые осложнения, о которых сообщалось от ветеринарных врачей и владельцев собак: трещины и переломы бедренных костей, расшатывание компонентов протеза, вывихи тазобедренного сустава [13–15].

Микроподвижность импланта, площадь контакта между костью и имплантом, коэффициент трения, плотность посадки (press-fit) и модуль упругости окружающей губчатой и кортикальной кости являются важными факторами, определяющими первичную стабильность между костью и имплантом [16–19]. В этой связи ключевая задача при разработке бесцементных систем — обеспечение немедленной и долговременной стабильности компонентов протеза. Различные производители решают эту задачу за счет конструктивных особенностей имплантов. При этом остается неизученным вопрос оптимального количества бикортикальных и монокортикальных винтов при фиксации бедренного компонента эндопротеза. Также не разработан алгоритм установки винтов, обеспечивающий равномерное прилегание ножки импланта к медиальной кортикальной пластинке бедренной кости, а также оценка вторичной стабильности конструкции методом энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии с гистоморфометрическим анализом для подтверждения формирования костного матрикса на поверхности импланта, что требует незамедлительного решения этих вопросов.

Цель исследования — обосновать метод фиксации бедренного компонента для обеспечения стабильной первичной остеоинтеграции.

Материалы и методы исследования

На базе ветеринарной клиники «МедВет», Москва, Россия, за период с 01.01.2022 по 31.12.2024 г. проведено 227 операций по тотальному эндопротезированию тазобедренного сустава у собак (табл. 1) российской системой V@art.

Таблица 1

Характеристика исследуемой группы, %

Порода	Вес	Возраст
Лабрадоры – 17,6	От 25 до 35 кг – 39,2	Молодые пациенты до 2 лет – 42,7
Немецкие овчарки – 10,1	От 35 до 45 кг – 31,7	От 2 до 5 лет – 29,5
Золотистые ретриверы – 6,6	До 25 кг – 12,3	От 5 до 8 лет – 17,2
Зенненхунд – 4,4	45 кг и более – 12,3	Старше 8 лет – 10,6
Самоедская собака – 4,4		
Собаки других пород – 56,8		

Источник: составлено А.М. Пантюлиным, И.Ф. Вилковыским.

Table 1

Features of the study group

Breed	Weight	Age
Labrador Retriever – 17.6%	25 to 35 kg – 39.2%	Young patients under 2 years old – 42.7%
German Shepherd – 10.1%	35 to 45 kg – 31.7%	2 to 5 years old – 29.5%
Golden Retriever – 6.6%	Up to 25 kg – 12.3%	5 to 8 years old – 17.2%
Sennenhund – 4.4%	45 kg and over – 12.3%	Over 8 years old – 10.6%
Samoyed – 4.4%		
Other breeds – 56.8%		

Source: compiled by A.M. Pantyulin, I.F. Vilkoviskiy.

Основные показания к тотальному эндопротезированию тазобедренного сустава: остеоартрит, дисплазия тазобедренного сустава, болезнь Легга — Кальве — Пертеса и другие дегенеративные изменения [20]. Диагноз подтверждался рентгенографическими данными (аппарат Sedecal Neovet F) или результатами компьютерной томографии (Philips Ingenuity 64). Пациенты, ранее перенесшие эндопротезирование на противоположной конечности, рассматривались в рамках отдельного клинического случая.

Для оценки остеоинтеграции костного матрикса с бедренным компонентом (ножкой) эндопротеза (рис. 2) через 45 дней после операции проводился гистоморфометрический анализ с применением сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) и энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (ЭДС). Исследование выполняли на сканирующем электронном микроскопе Zeiss EVO MA18 (Carl Zeiss Group, Германия), оснащённом энергодисперсионным спектрометром BRUKER QUANTAX 200 — XFlash 6/10 (Bruker Nano GmbH, Германия). Режим работы: ускоряющее напряжение 20 кэВ. Все исследования проведены на базе центра им. Г.А. Илизарова (Курган).

Результаты исследования и обсуждение

Исследования явились результатом длительного поиска надёжной стабилизации импланта и поэтапной его остеоинтеграции, ведь совершенствование технологии эндопротезирования это повышение стабильности фиксации, снижение риска инфекций и улучшение биосовместимости имплантов. В этой связи, согласно клиническому опыту авторов, при соблюдении порядка введения винтов по технологии компании Куон, частота осложнений в виде асептической нестабильности ножки эндопротеза составляет 8 % (рис. 2). К рентгенологическим признакам нестабильности относятся: перелом или миграция импланта, выраженный остеолит вокруг ножки, а также периостальная и эндостальная костная реакция. Ранее для фиксации бедренного компонента (ножки) V@art размеров M и L применяли 5 винтов, включая один бикортикальный. Однако, на практике установка дисталь-

ного винта в отверстие № 5 вызывала технические трудности. После отказа от его использования, частота асептической нестабильности не возросла. Дополнительное введение второго проксимального бикортикального винта привело к значительному снижению риска нестабильности (менее 1 %), а также улучшило равномерное прилегание ножки к медиальному кортикальному слою (рис. 1).



Рис. 1. Послеоперационная рентгенография проекция «Йога»

Источник: составлено А.М. Пантюлиным, И.Ф. Вилковским.

Fig. 1. Postoperative radiography, “Yoga” projection

Source: compiled by A.M. Pantyulin, I.F. Vilkovskiy.



Рис. 2. Рентгенография пациента через 45 дней после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава. Отмечается периостальная и эндостальная костная реакция вокруг бедренного компонента импланта

Источник: составлено А.М. Пантюлиным, И.Ф. Вилковским.

Источник: составлено А.М. Пантюлиным, И.Ф. Вилковским.

Fig. 2. Radiograph of a patient 45 days after total hip arthroplasty. Periosteal and endosteal bone reaction is noted around the femoral component of the implant.

Source: compiled by A.M. Pantyulin, I.F. Vilkovskiy.

Таким образом, система бесцементного эндопротезирования тазобедренных суставов у собак V@art разработана на основе швейцарской системы Куон и сохраняет сходные принципы установки, фиксации и подготовки бедренного канала. Однако в ней есть ряд существенных отличий (патент № 2796761¹), ключевое из которых — монолитная конструкция бедренного компонента (ножки) без полых участков. Ножка протеза изготавливается методом 3D-печати из биосовместимого титанового сплава Ti6Al4V ELI, обладающего высокой прочностью, низкой плотностью и коррозионной стойкостью. Винт также выполнен из Ti6Al4V ELI,

¹ Пат. 2796761 Российская Федерация, МПК А61F 2/34 (2006.01) А61D 1/00 (2006.01). Устройство для протезирования тазобедренного сустава у собак и кошек / И.Ф. Вилковський, Е.А. Васильева и др.; № 2022118783; заявл. 10.07.22; опубл. 29.05.2023 Бюл. № 16. 33 с.

но, в отличие от конического винта Куоп, имеет двухзаходную конусную резьбу в средней части, что обеспечивает более стабильную фиксацию в раннем послеоперационном периоде и упрощает процесс удаления при ревизионных операциях.

Размерный ряд (рис. 3)

Для средних и крупных пород доступно 6 размеров:

- XX-Small, X-Small, Small — 4 отверстия для фиксации;
- Medium, Large, XX-Large — 5 отверстий;
- Для гигантских пород (свыше 50 кг) — размер XXL с 5 отверстиями.



Рис. 3. Размерный ряд бедренных компонентов российской системы V@art

Источник: составлено А.М. Пантюлиным, И.Ф. Вилковским.

Fig. 3. Size range of femoral components of the Russian V@art system

Source: compiled by A.M. Pantyulin, I.F. Vilkovskiy.

Для повышения стабильности и уменьшения риска послеоперационных осложнений при тотальном эндопротезировании с использованием российской системы V@art применяется следующий протокол фиксации бедренного компонента.

Для ножек размеров XX-Small, X-Small и Small:

- Первым устанавливается бикортикальный винт в отверстие № 2 (с соблюдением рекомендуемого угла антеверсии и равномерного прилегания ножки к медиальному кортикальному слою).
- Затем в отверстие № 3 вводится монокортикальный винт.
- Далее в отверстие № 1 устанавливается бикортикальный винт.
- Отверстие № 4 остается свободным.

Для ножек размеров *Medium, Large u XXL*:

- Первым фиксируется бикортикальный винт в отверстие № 2.
- Следующим устанавливается монокортикальный винт в отверстие № 4.
- Затем в отверстие № 3 вводится монокортикальный винт.
- Четвертым шагом в отверстие № 1 помещается бикортикальный винт.
- Отверстие № 5 не используется, за исключением случаев сомнительной остеointegrации, повышенного риска нестабильности или ревизионных операций, тогда рекомендуется задействовать 5-е дистальное отверстие.

При проведении энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии с гистоморфометрическим анализом для подтверждения формирования костного матрикса на поверхности импланта системы эндопротезирования тазобедренного сустава фирмы V@art удалось получить микрофотографии поверхности импланта на различных уровнях. Это позволило детально изучить структуру поверхности на разных участках импланта бедренного компонента.

Имплант был разделен на 6 участков для анализа:

1. Проксимальная зона ближайшая к держателю головки.
2. Проксимальная часть.
3. Граница между проксимальной и средней частями.
4. Средняя часть.
5. Граница между средней и дистальной частями.
6. Дистальная часть.

Костная ткань врастает в пористую поверхность бедренного компонента (ножки) аналогично заживлению перелома: сначала реагируя на хирургическую травму, а затем прорастая в структуру импланта, архитектура которого имитирует естественную кость [13]. На полученных изображениях импланта наблюдается плотный ободок, окружающий головку ножки эндопротеза в зоне перехода к держателю головки. Его высота составляет 1 мм, поверхность мелкозернистая, шероховатая, без признаков тканевого субстрата. Структура импланта характеризуется толщиной стенок ячеек в пределах 200...350 мкм и размером ячеек 300 × 400 мкм. Полости, а также частично поверхность импланта в этой области, заполнены волокнистым субстратом. В отдельных участках металлоконструкции поверхностные структуры погружены в аморфное вещество с очагами кристаллизации. На поверхности импланта выявлены прикрепленные клетки. В зоне перехода от головной к проксимальной части отмечается образование костных трабекул (рис. 4). При большом увеличении видно, что поверхность импланта имеет шарообразные выступы диаметром 10–30 мкм, улучшает ее сцепление с тканевым матриксом.

Результаты элементного анализа. Распределение химических элементов на электронных картах выявило, что в ячеистых зонах перехода от головной части к держателю головки тканевой матрикс обладал преимущественно волокнистой структурой. Волокнистые образования были окружены аморфным межклеточным веществом с низкой концентрацией остеотропных элементов. При этом их содержание постепенно возрастало по направлению к границе

между проксимальной и средней частями импланта. Спектральный анализ подтвердил сниженное накопление остеотропных элементов в головных участках импланта. Однако их концентрация увеличивалась ближе к переходной зоне между проксимальным и средним отделами ножки бедренного компонента.

В области перехода от проксимальной к срединной части импланта в ячейках и на поверхности металлоконструкции наблюдался слабо- и среднеминерализованный тканевый субстрат, который проникал в поры конструкции и прикреплялся к плотным, не пористым, но шероховатым участкам вокруг отверстий. При увеличении 61× зафиксировано образование костных трабекул (рис. 5). Элементный анализ выявил повышенное содержание кальция Са и фосфора Р в этой зоне по сравнению с более проксимальными отделами (рис. 5). Однако, из-за очагового распределения тканевого субстрата титан Тi демонстрировал здесь более выраженные пиковые значения (табл. 2).

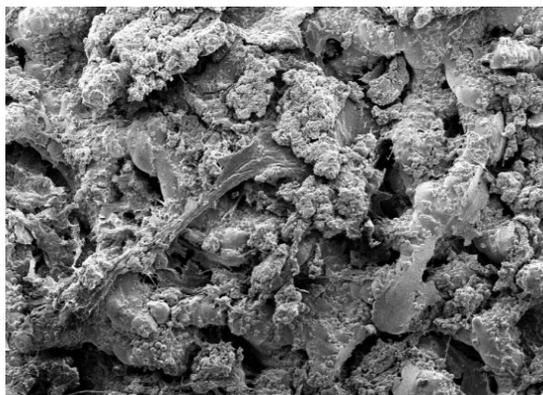


Рис. 4. Сканирующая электронная микроскопия различных участков головной части ножки импланта область перехода к держателю головки (плотная часть и ячеистый участок, прилегающий к ней). Увеличение: 54 ×

Источник: выполнено А.М. Пантюлиным, И.Ф. Вилковьским.

Fig. 4. Scanning electron microscopy of various sections of the implant stem head, the transition area to the head holder (the dense portion and the adjacent cellular area). Magnification: 54×
Source: compiled by A.M. Pantyulin, I.F. Vilkovskiy.



Рис. 5. Карта элементного анализа распределения остеотропных элементов кальция Са и фосфора Р на поверхности извлеченного эндопротеза в переходной зоне между проксимальной и средней частями импланта. Увеличение: 61 ×

Источник: выполнено А.М. Пантюлиным, И.Ф. Вилковьским.

Fig. 5. Elemental analysis map of the distribution of osteotropic elements calcium Ca and phosphorus P on the surface of the removed endoprosthesis in the transition zone between the proximal and middle portions of the implant. Magnification: 61×

Source: compiled by A.M. Pantyulin, I.F. Vilkovskiy.

Таблица 2

Содержание кальция Ca и фосфора P в органических структурах тканевого матрикса, сформированного на поверхности ножки импланта

Исследуемая область импланта	W ± G, в весовых %	
	Ca	P
Проксимальная, ближе к держателю головки	0,76 ± 0,06	1,03 ± 0,07
Проксимальная	5,39 ± 0,31	2,48 ± 0,20
Граница проксимальной и средней части	7,12 ± 0,35	3,03 ± 0,23
Средняя часть	11,16 ± 0,5	3,74 ± 0,24
Граница средней и дистальной части	8,26 ± 0,69	3,66 ± 0,41
Дистальная часть	2,03 ± 0,08	1,98 ± 0,06

Источник: составлено А.М. Пантюлиным, И.Ф. Вилковским.

Table 2

Calcium (Ca) and phosphorus (P) content in the organic structures of the tissue matrix formed on the surface of the implant stem

Implant area being examined	W ± G, in weight %	
	Ca	P
Proximal, closer to the head holder	0,76 ± 0,06	1,03 ± 0,07
Proximal	5,39 ± 0,31	2,48 ± 0,20
Boundary of the proximal and middle portions	7,12 ± 0,35	3,03 ± 0,23
Middle portion	11,16 ± 0,5	3,74 ± 0,24
Boundary of the middle and distal portions	8,26 ± 0,69	3,66 ± 0,41
Distal portion	2,03 ± 0,08	1,98 ± 0,06

Source: compiled by A.M. Pantyulin, I.F. Vilkovskiy.

В срединной части импланта значительная поверхность была покрыта трабекулярной костной тканью, демонстрирующей средне- и мелкочаеистую структуру, что указывает на ее зрелое состояние. Костная ткань плотно интегрировала с поверхностью импланта, формируя прочное соединение.

Элементный анализ показал:

- преобладание костных структур в поле зрения (рис. 6);
- высокие концентрации кальция Ca и фосфора P, визуализируемые как салатовый цвет (результат смешения желтого и зеленого маркеров для Ca и P соответственно);
- снижение интенсивности сигнала титана Ti, что свидетельствует о практически полном покрытии поверхности костной тканью.

Переходный участок между средней и дистальной частью ножки эндопротеза отличался комбинацией прилегания пористой структуры импланта к его плотному концевому фрагменту, имеющему шероховатую структурированную поверхность. В этой области часть трабекулярной сети, образовавшейся на поверхности яче-

истого участка, соединялась с трабекулами, расположенными на поверхности металлической ножки и прочно с ней связанными.

В дистальных отделах костных структур содержание фосфора было выше, чем в средней зоне, что подтверждалось зеленоватым оттенком трабекул на элементных картах.

Спектральный анализ выявил уменьшение накопления сигналов кальция Са и фосфора Р в зоне перехода между пористой и плотной структурой дистального отдела эндопротеза по сравнению с центральной частью. Пиковые значения титана Тi оставались низкими из-за значительной площади костного субстрата, прикрепленного к поверхности импланта в этой области. В более дистальных участках количество сигналов остеотропных элементов (Са, Р) резко снижалось, тогда как уровень титана Тi возрастал в несколько раз. В концевой части ножки эндопротеза костной ткани обнаружено не было (рис. 7).

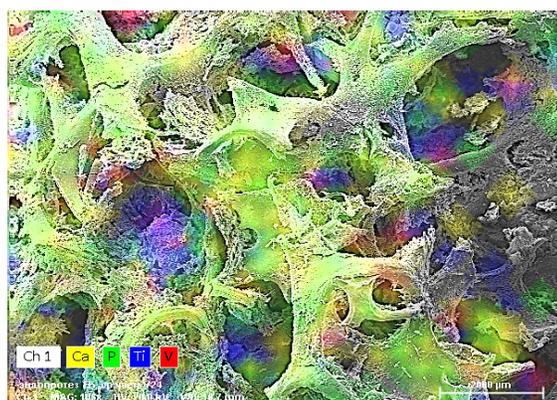


Рис. 6. Сканирующая электронная микроскопия и карта элементного анализа распределения остеотропных элементов Са и Р на поверхности извлеченного эндопротеза в срединной части ножки. Увеличение: 105х; Са – желтый; Р – зеленый; Тi – синий; V – красный
Источник: выполнено А.М. Пантюлиным, И.Ф. Вилковским.

Fig. 6. Scanning electron microscopy and elemental analysis map of the distribution of osteotropic elements Ca and P on the surface of the removed endoprosthesis in the medial portion of the stem. Magnification: 105x; Ca – yellow; P – green; Ti – blue; V – red.

Source: compiled by A.M. Pantyulin, I.F. Vilkovskiy.

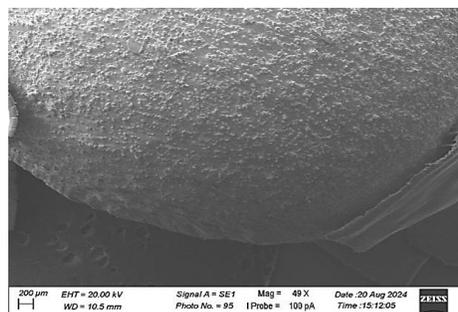


Рис. 7. Микрофото участка дистальной (концевой) части ножки импланта. Сканирующая электронная микроскопия. Увеличение: 49х.
Отсутствие костной ткани

Источник: выполнено А.М. Пантюлиным, И.Ф. Вилковским.

Fig. 7. Micrograph of the distal (end) portion of the implant stem. Scanning electron microscopy. Magnification: 49x. Absence of bone tissue.

Source: compiled by A.M. Pantyulin, I.F. Vilkovskiy.

Количественный анализ распределения кальция Са и фосфора Р в различных зонах извлеченного эндопротеза показал максимальные значения в средней части импланта (см. табл.). Наименьшие концентрации были зафиксированы в проксимальном и дистальном отделах. Тем не менее, на большей части поверхности

импланта определялось содержание кальция Са и фосфора Р, соответствующее новообразованной минерализующейся костной ткани, преимущественно ретикулофиброзного строения.

Заключение

Разработан алгоритм фиксации бедренного компонента, обеспечивающий его первичную остеоинтеграцию, заключающийся в строгой последовательности проведения бикортикальных и монокортикальных винтов. Энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия подтвердила высокую степень интеграции костной ткани в ячеистых зонах импланта, которые занимают основную часть эндопротеза. Это свидетельствует о надежном связывании ножки протеза с костным ложем уже на 45-е сутки после установки, что является ключевым фактором долгосрочной стабильности импланта (рис. 9). Использование двух бикортикальных винтов и модификация последовательности их установки помогли минимизировать нестабильность ножки в послеоперационном периоде. Уменьшение количества винтов позволило снизить общую стоимость операции и сократить объем хирургического доступа, необходимого для их установки (рис. 8).



Рис. 8. Послеоперационная контрольная рентгенография после протезирования тазобедренного сустава с использованием двух монокортикальных и двух бикортикальных винтов. Дистальное отверстие не используется

Источник: составлено А.М. Пантюлиным, И.Ф. Вилковским.

Fig. 8. Postoperative control radiograph after hip replacement using two monocortical and two bicortical screws. The distal hole is not used.

Source: compiled by A.M. Pantyulin, I.F. Vilkovyskiy.

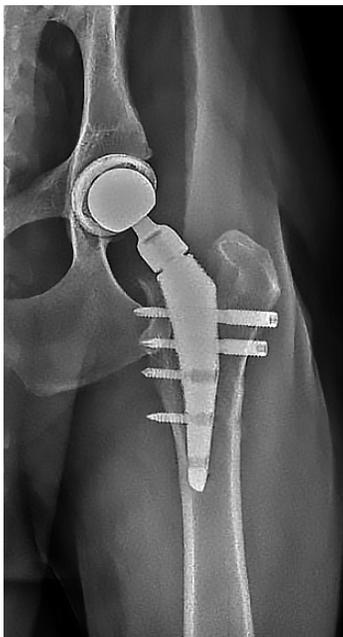


Рис. 9. Остеинтеграция ножки и прилегание к медиальному кортикальному слою бедренной кости на 60-е сутки после операции (пациент из рис. 8)

Источник: составлено А.М. Пантюлиным, И.Ф. Вилковским.

Fig. 9. Osseointegration of the stem and attachment to the medial cortex of the femur on the 60th day after surgery (patient from Fig. 8)

Source: compiled by A.M. Pantyulin, I.F. Vilkovskiy.

В результате изменения порядка и типа винтов при тотальном эндопротезировании тазобедренного сустава у собак с использованием российской системы V@art, частота осложнений, связанных с асептической нестабильностью, снизилась, этот показатель составил менее 1 % среди 227 прооперированных животных.

Список литературы / References

1. Olmstead ML, Hohn RB, Turner TM. A five-year study of 221 total hip replacements in the dog. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 1983;183(2):191–194.
2. Montgomery RD, Milton JL, Pernel R, Aberman HM. Total hiparthroplasty for treatment of canine hip dysplasia. *The Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 1992;22(3):703–719. doi: 10.1016/s0195-5616(92)50063-8
3. DeYoung DJ, DeYoung BA, Aberman HA, Kenna RV, Hungerford DS. Implantation of an uncemented total hip prosthesis: technique and initial results of 100 arthroplasties. *Veterinary Surgery*. 1992;21(3):168–177. doi: 10.1111/j.1532-950x.1992.tb00041.x
4. Olmstead ML. Canine cemented total hip replacements: state of the art. *Journal of Small Animal Practice*. 1995;36(9):395–399. doi: 10.1111/j.1748-5827.1995.tb02962.x
5. Gibson KL, VanEe RT, Pechman RD. Femoral capital physal fractures in dogs: 34 cases (1979–1989). *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 1991;198(5):886–890.
6. Daly WR. Femoral head and neck fractures in the dog and cat: a review of 115 cases. *Veterinary Surgery*. 1976;7(2):29–38. doi: 10.1111/j.1532-950X.1978.tb00576.x
7. Guiot LP, Dejardin LM. Fractures of the femur. In: Johnston SA, Tobias KM, eds. *Veterinary Surgery: Small Animal*. 2nd ed. St Louis, MO: Elsevier; 2018:1028–1042.

8. Harper TA. Femoral head and neck excision. *The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice*. 2017;47(4):885–897. doi: 10.1016/j.cvsm.2017.03.002
9. DeCamp CE, Johnston SA, Déjardin LM, Schaefer SL. The hip joint. In: Brinker, Piermattei, and Flo's *Handbook of Small Animal Orthopedics and Fracture Repair*. 5th ed. St Louis, MO: Elsevier; 2016:468–517.
10. Piermattei DL. Excision arthroplasty of the hip joint in dogs and cats. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*. 2011;24(1):89.
11. Peck JN, Liska WD, DeYoung DJ, et al. Clinical application of total hip replacement. In: Peck JN, Marcellin-Little DJ, eds. *Advances in Small Animal Total Joint Replacement*. West Sussex, UK: Wiley; 2012;18.
12. Vezzoni L, Vezzoni A, Boudrieau RJ. Long-term outcome of Zürich cementless total hip arthroplasty in 439 cases. *Veterinary surgery*. 2015;44(8):921–929. doi: 10.1111/vsu.12371
13. Allaith S, Tucker LJ, Innes JF, et al. Outcomes and complications reported from a multiuser canine hip replacement registry over a 10-year period. *Veterinary Surgery*. 2023;52(2):196–208. doi: 10.1111/vsu.13885 EDN: BLRPQO
14. Henderson ER, Wills A, Torrington AM, et al. Evaluation of variables influencing success and complication rates in canine total hip replacement: results from the British veterinary orthopaedic association canine hip registry (collation of data: 2010–2012). *The Veterinary Record*. 2017;181(1):18. doi: 10.1136/vr.104036
15. Forster KE, Wills A, Torrington AM, et al. Complications and owner assessment of canine total hip replacement: a multicenter internet based survey. *Veterinary Surgery*. 2012;41(5):545–550. doi: 10.1111/j.1532-950X.2012.01015.x
16. Bragdon CR, Jasty M, Greene M, Rubash HE, Harris WH. Biologic fixation of total hip implants: Insights gained from a series of canine studies. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. 2004;86A suppl 2:105–117.
17. Harris WH, White RE Jr, McCarthy JC, Walker PS, Weinberg EH. Bony ingrowth fixation of the acetabular component in canine hip joint arthroplasty. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1983;(176):7–11.
18. Ramamurti BS, Orr TE, Bragdon CR, Lowenstein JD, Jasty M, Harris WH. Factors influencing stability at the interface between a porous surface and cancellous bone: a finite element analysis of a canine in vivo micromotion experiment. *Journal of Biomedical Materials Research*. 1997;36(2):274–280. doi: 10.1002/(sici)1097-4636(199708)36:2<274::aid-jbm17>3.0.co;2-g
19. Pilliar RM, Lee JM, Maniopoulos C. Observations on the effect of movement on bone ingrowth into porous-surfaced implants. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1986;(208):108–113.
20. Kalis RH, Liska WD, Jankovits DA. Total hip replacement as a treatment option for capital physeal fractures in dogs and cats. *Veterinary Surgery*. 2012;41(1):148–155. doi: 10.1111/j.1532-950X.2011.00919.x

Об авторах:

Пантюлин Андрей Михайлович — ветеринарный врач, Ветеринарная клиника доктора Сотникова, Российская Федерация, 192288, г. Санкт-Петербург, ул. Бухарестская, д. 122, к. 2; e-mail: a.pantulin@gmail.com
ORCID: 0009-0003-5376-0986 SPIN-код: 7305-8643

Вилковьский Илья Фёдорович — доктор ветеринарных наук, доцент, доцент департамента ветеринарной медицины аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; главный врач, сеть ветеринарных центров «Мед-Вет», Российская Федерация, 108840, г. Троицк, ул. Физическая, д. 13; e-mail: med-vet@bk.ru
ORCID: 0000-0003-4552-2083 SPIN-код: 6544-1649

About the authors:

Pantulin Andrey Mikhailovich — veterinarian, Doctor Sotnikov Veterinary Clinic, 122 Bukharestskaya St, bldg. 2, Saint Petersburg, 192288, Russian Federation; e-mail: a.pantulin@gmail.com
ORCID: 0009-0003-5376-0986 SPIN-code: 7305-8643

Vilkovskiy Ilya Fedorovich — Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Veterinary Medicine, Agrarian and Technological Institute, RUDN University, 6 Miklukho-Maklaya St, Moscow, 117198, Russian Federation; Chief of Medicine, MedVet Veterinary Centers, 13 Physical St, Troitsk, 108840, Russian Federation; e-mail: med-vet@bk.ru
ORCID: 0000-0003-4552-2083 SPIN-code: 6544-1649