

МЕТОДОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИЗНОСА ПОЛИЭТИЛЕНА В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ МОДУЛЕ ЭНДОПРОТЕЗА ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА

© Колесник А.И.¹, Гаврюшенко Н.С.², Липатов В.А.⁴, Фролов Е.Б.⁶, Булгаков В.Г.³,
Фомин Л.В.², Солодилов И.М.⁵, Ярмamedов Д.М.⁴

¹ Кафедра хирургических болезней факультета постдипломного образования, ⁴ кафедра оперативной хирургии и топографической анатомии Курского государственного медицинского университета, Курск; ² лаборатория изделий ортопедо-травматологического назначения, ³ отдел экспериментальной травматологии и ортопедии Центрального института травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва; ⁵ Городская клиническая больница № 4, Курск; ⁶ Детская областная клиническая больница, Белгород

E-mail: ko-lesnik@mail.ru

В статье представлены результаты разработанной методологии и организации намеченного экспериментального исследования, направленного на изучение износа полиэтилена в лабораторных динамических условиях при разных величинах углов инклинации в паре трения экспериментального модуля эндопротеза тазобедренного сустава (ТБС). В эксперименте использовано оборудование испытательной лаборатории изделий ортопедо-травматологического назначения ООО «ЦИТОпроект» ФГУ «ЦИТО им. Н.Н. Приорова Минздрава России». Экспериментально доказано, что с увеличением УГИ в модуле эндопротеза уменьшается площадь участка износа полиэтилена и увеличивается степень его смещения в передний отдел полиэтиленовых вкладышей.

Ключевые слова: методология, эксперимент, экспресс-моделирование, износ, полиэтилен, экспериментальный модуль эндопротеза тазобедренного сустава, анализ.

STRATEGY AND ORGANIZATION OF STUDYING POLYETHYLENE WEAR IN EXPERIMENTAL HIP JOINT ENDOPROSTHESIS MODEL

Kolesnik A.I.¹, Gavryushenko N.S.², Lipatov V.A.⁴, Frolov E.B.⁶, Bulgakov V.G.³,
Fomin L.V.², Solodilov I.M.⁵, Yarmamedov D.M.⁴

¹ Surgical Diseases Department of Postgraduate Education Faculty, ⁴ Operative Surgery and Topographical Anatomy Department of Kursk State Medical University, Kursk; ² Laboratory of Orthopedic and Traumatological Items, ³ Department of Experimental Traumatology and Orthopedics of N.N. Priorov Central Institute of Traumatology and Orthopedics, Moscow; ⁵ City Clinical Hospital N 4, Kursk; ⁶ Regional Children's Clinical hospital, Belgorod

The article presents the results of the developed strategy and organization of the experimental research aimed at studying the degree of polyethylene wear under the laboratory dynamical conditions involving various values of inclination angles in the friction of experimental hip joint endoprosthesis model. The experiment was conducted with the use of the equipment afforded by the test laboratory of orthopedic and traumatological items "CITO-project" LLC under Federal State Institution "N.N. Priorov Central Institute of Traumatology and Orthopedics". It was proved that the increase in inclination angles in endoprosthesis model reduces the area of polyethylene wear and increases its shift toward the front section of polyethylene inlays.

Keywords: strategy, experiment, express-modeling, wear, polyethylene, experimental hip joint endoprosthesis model, analysis.

Анализ современных публикаций показал, что многие ведущие ученые травматологи-ортопеды при выполнении первичного эндопротезирования (ЭП) больных коксартрозом (КА) с целью восстановления мышечного баланса тазобедренного сустава (ТБС) настоятельно рекомендуют интраоперационное устранение наружной ротационной контрактуры (НРК), указывая на отрицательное влияние контрактуры на биомеханику эндопротеза ТБС [1, 4, 5]. Так, Р.М. Тихилов и И.Ф. Ахтямов при выполнении первичного ЭП у больных КА производят интраоперационное устранение НРК ТБС с целью восстановления мышечного баланса ТБС [6, 7].

Биомеханически НРК ТБС у больных КА проявляется уменьшением величины угла горизонтальной инклинации (УГИ) в ТБС, обусловленным укорочением мышц группы наружных ротаторов бедра (МГНРБ), что в значительной степени нарушает мышечный баланс ротаторов бедра [5, 7].

У больных клинически и рентгенологически выделяют три степени НРК ТБС [5, 6, 7]. Так, автором, на основании проведенного исследования больных КА, разработаны и внедрены в практику эндопротезирования клиническая классификация НРК ТБС: первая степень НРК ТБС – до 10°; вторая степень – от 11° до 20° и третья степень – от 21° до 30° и более, и рентгенометрическая клас-

сификация НРК ТБС: НРК первой степени – 65°-55°, второй степени – 56°-45° и третьей степени – 44°-36° и меньше [5, 6, 7].

Актуальность проблемы была подтверждена проведенным анализом ранних и отдаленных результатов первичного ЭП больных КА с НРК ТБС, который показал, что у 58,7% больных КА, готовящихся к ЭП, выявлена НРК ТБС: 1-я степень НРК ТБС в 62,8%, 2-я степень – в 29,7% и 3-я степень – в 7,4% случаев. В отдаленном послеоперационном периоде у больных КА, имевших в предоперационном периоде НРК ТБС разной степени выраженности и оперированных с использованием переднее-наружного доступа к ТБС, НРК сохранялась у 55,2% пациентов [6].

Из публикаций, посвященных ЭП, очевидна закономерность, что износ полиэтилена чашки или вкладыша металлической чашки эндопротеза ТБС сопровождается развитием асептической нестабильности компонентов эндопротеза ТБС и, чем раньше и быстрее изнашивается полиэтилен, тем быстрее развивается асептическая нестабильность [8].

Для исследования трущихся поверхностей предложены различные варианты экспериментальных эндопротезов ТБС [2]. С целью изучения износа полиэтилена чашки или вкладыша металлической чашки эндопротеза ТБС разработаны соответствующие рекомендации [3]. Так, в п. 4. общих рекомендаций по определению износа полиэтилена: «ОСНОВНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ. Р 42-610-02» (утв. Минздравом РФ 27.02.2002) предлагается: «Полный протез тазобедренного сустава (эндопротез) состоит из ацетабулярного компонента, замещающего вертлужную впадину, и бедренного компонента, замещающего проксимальную часть бедренной кости. Опорные поверхности этих компонентов в области взаимного контакта изменяются в процессе эксплуатации или испытаний». В п. 5.1. (приготовление образцов): «ОСНОВНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ. Р 42-610-02» указано, что «после изготовления и контроля характеристик испытательные образцы помещают в испытательную установку». Однако в самих «рекомендациях» отмечено, что: «Лабораторная оценка степени износа протезов на имитаторах является довольно длительным процессом» [3].

Цель исследования: разработка философии и методологии эксперимента по изучению износа полиэтилена в лабораторных динамических условиях при разных углах горизонтальной инклинации (УГИ) в паре трения экспериментального мо-

дуля эндопротеза ТБС, а также и организация его выполнения.

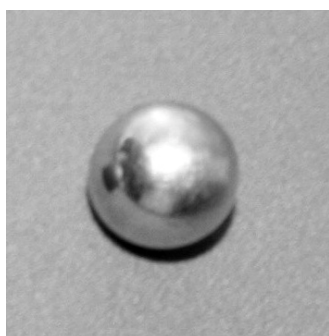
МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для проведения лабораторных испытаний изучения износа полиэтилена был разработан и реализован дизайн исследования, который представлял алгоритм выполнения эксперимента и включал выполнение логически последовательных и взаимосвязанных этапов: 1. Разработка философии методики моделирования износа полиэтилена в лабораторных динамических условиях. 2. Организация и методическое обеспечение проведения эксперимента по изучению износа полиэтилена. 3. Осуществление технического решения экспресс-моделирования износа полиэтилена в лабораторных динамических условиях. 4. Разработка устройства для фиксации полиэтиленового вкладыша экспериментального модуля эндопротеза тазобедренного сустава для проведения испытаний в динамических условиях. 5. Разработка экспериментального модуля эндопротеза тазобедренного сустава для проведения экспресс-моделирования износа полиэтилена в лабораторных динамических условиях. 6. Моделирование наружной ротационной контрактуры путем создания углов инклинации в паре трения экспериментального модуля эндопротеза тазобедренного сустава. 7. Проведение клинико-биомеханического соответствия НРК ТБС и величин УГИ экспериментального эндопротеза. 8. Проведение экспресс-моделирования износа полиэтиленового вкладыша в условиях наружной ротационной контрактуры экспериментального модуля эндопротеза тазобедренного сустава в динамических условиях. 9. Визуальная оценка результатов износа полиэтиленового вкладыша после динамических испытаний. 10. Определение площади и топографии участка износа полиэтиленового вкладыша экспериментального модуля эндопротеза после проведения динамических испытаний при разных углах горизонтальной инклинации. 11. Исследование изменения распределения нагрузки в динамических условиях при разных углах инклинации в экспериментальном модуле эндопротеза. 12. Разработка механогенеза повышенного износа полиэтилена и возникновения асептической нестабильности компонентов эндопротеза у больных КА после эндопротезирования при наличии НРК ТБС. 13. Разработка алгоритма прогнозирования повышенного износа полиэтилена и возникновения асептической нестабильности обоих компонентов эндопротеза у больных после эндопротезирования тазобедренного сустава при наличии НРК ТБС.

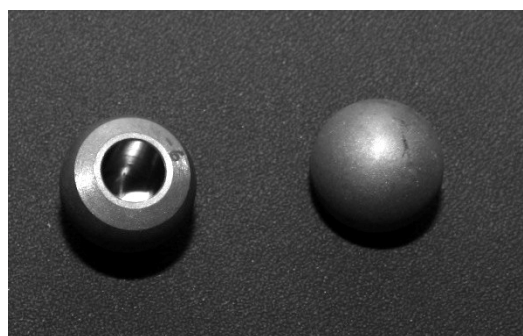
Философия методики получения износа полиэтилена заключалась в обеспечении выполнения экспериментального исследования в максимально сжатые сроки. Для этой цели была разработана методика износа полиэтилена, которую мы назвали «методикой экспресс-моделирования износа полиэтилена» в экспериментальных условиях. Для реализации методики «экспресс-моделирования износа полиэтилена» предложена специальная головка экспериментального модуля эндопротеза с шероховатой поверхностью, изготовленная из головки оригинального эндопротеза ТБС фирмы «Компомед» – НПО «Композит» (1994 г.), опескоструенной по стандартной методике (патент на полезную модель № 145248 от 06.09.2014 г.) (рис. 1). Разработано и изготовлено устройство для фиксации полиэтиленового вкладыша экспериментального модуля эндопротеза ТБС (патент на полезную модель № 147730 14.10.2014. Бюл. № 32 от 20.11. 2014 г.), которое позволило фиксировать полиэтиленовые вкладыши эндопротеза под разными углами по отношению к головке модуля эндопротеза (рис. 2). Разработан и изготовлен оригинальный экспериментальный модуль эндопротеза ТБС (рис. 3) (Приоритетная справка № 2014154289 от 30.12.2014 г.), что позволило провести испытание 64 полиэтиленовых вкладышей оригинального

эндопротеза в течение трех дней и получить ожидаемый износ полиэтилена (протокол исследования № 1/05 от 25.05.2012 г.). Все вкладыши распределены на 4 группы: А, Б, В, и Г. При этом каждая из групп подразделялась на 4 подгруппы (табл. 1).

Эксперимент проведен в испытательной лаборатории изделий ортопедо-травматологического назначения ООО «ЦИТОпроект» ФГУ «ЦИТО им. Н.Н. Приорова Минздрава России». Полномочия от Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии: Аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.22 ИМ 21 от 13 августа 2007 г. Испытание проведено на универсальной испытательной машине сервогидравлического типа alter+Bay AG LFV 10-T50, заводской № NR90024282/905 (рис. 4). Свидетельство о поверке № 363465/445. Свидетельство о калибровке № F/D201280. Точность измерений – до 0,5%. Программный комплекс DionPro обеспечивал управление установкой Walter+Bay AG LFV 10-50T и фиксацию результатов испытания. Программное обеспечение позволяло регистрировать в режиме реального времени текущие значения нагрузки, перемещения и количества циклов (заведующий лабораторией доктор технических наук профессор Гаврюшенко Николай Свиридович).



А



Б

Рис. 1. А – оригинальная головка эндопротеза тазобедренного сустава фирмы «Компомед» – НПО «Композит», г. Королев; Б – специальная головка для экспериментального модуля эндопротеза ТБС, опескоструенная по стандартной методике с диаметром 28 мм.

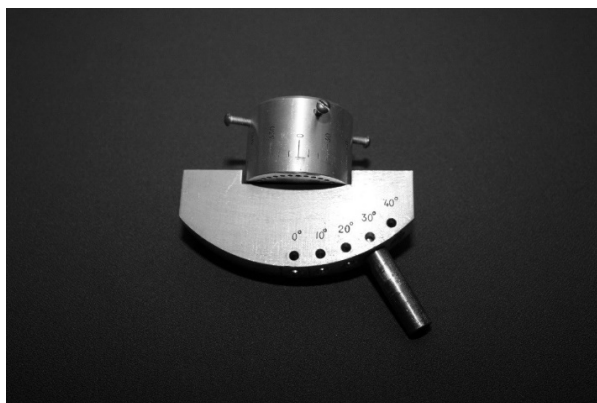


Рис. 2. Устройство для фиксации полиэтиленового вкладыша металлической чашки или полиэтиленовой чашки оригинального эндопротеза.



Рис. 3. Экспериментальный модуль эндопротеза тазобедренного сустава, закрепленный в универсальной испытательной машине сервогидравлического типа alter+Bay AG LFV 10-T50. Полиэтиленовый вкладыш установлен в паре трения при помощи фиксатора под углом 10 градусов.

Таблица 1

Распределение полиэтиленовых вкладышей по группам и подгруппам

Подгруппы	Группы				Всего
	А	Б	В	Г	
1	A1 4	B1 4	B1 4	G1 4	16
2	A1 4	B2 4	B2 4	G2 4	16
3	A1 4	B3 4	B3 4	G3 4	16
4	A1 4	B4 4	B4 4	G4 4	16
Итого:	16	16	16	16	64

Моделирование НРК ТБС осуществлялось путем изменения углов пространственного расположения пары трения, что достигалось установкой головки в полиэтиленовый вкладыш экспериментального модуля эндопротеза ТБС сустава под разными УГИ. Величина УГИ составила 0, 10, 20 и 30° и соответствовала имеющейся рентгенометрической классификации степени НРК ТБС. На способ механического моделирования наружной ротационной контрактуры тазобедренного сустава в экспериментальном модуле эндопротеза тазобедренного сустава получен патент № 2547785 от 16.03.2015 (Бюл. № 10 от 10.04.15 г).

В результате проведенного клинико-биомеханического соответствия НРК ТБС и величин УГИ мы обосновали соответствие величины УГИ ТБС 66° величине УГИ экспериментального

эндопротеза, равной 0°, НРК ТБС первой степени (56°) – величине УГИ экспериментального эндопротеза, равной 10°, НРК ТБС второй степени (46°) – величине УГИ экспериментального эндопротеза, равной 20° и НРК ТБС третьей степени (36°) – величине УГИ экспериментального эндопротеза, равной 30°. Задачей проведения моделирования НРК экспериментального модуля ТБС было создание в модуле экспериментального эндопротеза механических условий, которые бы максимально приближались к биомеханике ТБС в условиях НРК, и получение объективных результатов исследования износа полиэтилена. Это позволило бы использовать полученные результаты в клинической практике эндопротезирования больных КА с НРК ТБС для прогнозирования ранних и отдаленных результатов, как рекомендуют Р.М. Тихилов и В.М. Шаповалов [7].

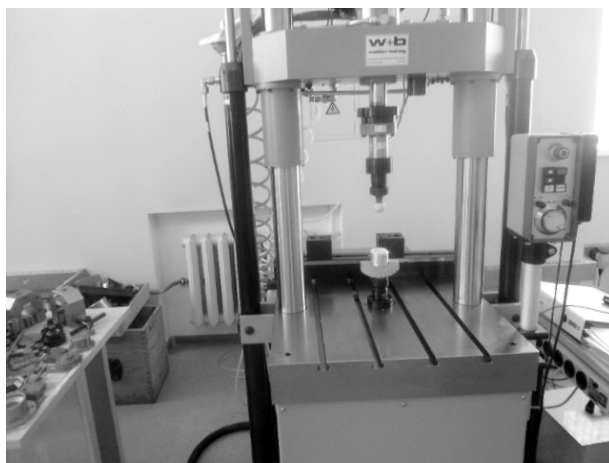


Рис. 4. Общий вид универсальной испытательной машины сервогидравлического типа Walter+Bay AG LFV 10-T50.

Таблица 2

Распределение средних значений S изн. полиэтилена по секторам внутренней поверхности исследуемых вкладышей в отдельных группах

Группы вкладышей и величины УГИ	Сектора внутренней поверхности вкладышей и средние значения ($M \pm m$) площадей износа полиэтилена в мм^2				Средняя общая S изн. в мм^2
	0 - 90°	90 - 180°	180 - 270°	270 - 0°	
А - 0°	168,67±4,443*	160,76±4,866	168,41±4,443	159,94±4,96	657,78±2,632
Б - 10°	196,05±4,228	187,76±4,227	124,07±4,228	115,79±4,228	623,67±0,007
В - 20°	212,45±4,706	204,54±3,95	101,62±3,95	93,34±3,95	611,95±2,25
Г - 30°	216,08±4,228	207,81±4,233	94,32±4,228	86,05±4,229	604,26±0,048

Примечание: * – уровень различий серии по отношению к группе А $p \leq 0,05$.

В процессе проведения испытаний нами разработан «Способ экспресс-моделирования износа полиэтиленового вкладыша металлической чашки, или полиэтиленовой чашки экспериментального модуля эндопротеза ТБС в динамических условиях», на который получен патент на изобретение № 2547694 от 13.03.2015. Бюл. № 10 от 10.04. 15. г.

Основные методы статистического анализа фактических данных выбирали согласно задачам исследования. Учитывая низкую чувствительность методики определения доверительного интервала к типу распределения, а также допустимый для экспериментальных медико-биологических исследований уровень $p \leq 0,05$, для подтверждения статистической гипотезы был выбран именно такой уровень значимости. Все вычисления выполнялись с помощью аналитического пакета приложения Microsoft Excel Office 2010, лицензией на право использования которой обладает ГБОУ ВПО КГМУ Минздрава РФ. Подсчет непараметрического критерия Манна-Уитни проводился в программной среде BioStat 2007.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка предварительных результатов испытания полиэтиленовых вкладышей заключалась в проведении осмотра внутренней полусферы полиэтиленового вкладыша после динамических испытаний с определением наличия участка износа и его расположения. Визуальный анализ результатов экспериментальных динамических испытаний показал, что с изменением УГИ от 0° до 30° происходит смещение участка износа полиэтилена в горизонтальной плоскости в направлении кпереди внутренней полусферы вкладыша, при этом установлено, что с увеличением УГИ пропорционально увеличивается степень смещения участка износа в передний отдел внутренней поверхности полиэтиленового вкладыша.

Анализ статистически обработанных результатов исследования износа полиэтиленовых вкладышей группы «А» установил, что средняя общая S изн. участка износа полиэтилена в составила $657,60 \pm 2,632 \text{ мм}^2$ (таблица 2). Средняя общая S изн. участка износа полиэтилена в группе «Б» меньше чем в группе «А» на $34,33 \pm 2,461 \text{ мм}^2$ и составила $623,67 \pm 0,007 \text{ мм}^2$. В группе «В» сред-

няя общая S изн. участка составила $611,95 \pm 2,25 \text{ мм}^2$. В сравнении с группой «А» средняя общая S изн. в группе «В» меньше на $45,75 \pm 1,988 \text{ мм}^2$, в сравнении с группой «Б» статистически значимых отличий ($p \leq 0,05$) не выявлено. Средняя общая S изн. участка в группе «Г» составила $604,26 \pm 0,048 \text{ мм}^2$ и достоверно отличалась от средней общей S изн. участка в группе «А» на $53,74 \pm 2,46 \text{ мм}^2$, при этом в сравнении с группами «Б» и «В» статистически значимых отличий ($p \leq 0,05$) не выявлено.

При анализе распределения площади износа относительно переднего и заднего отделов внутренней поверхности испытанных вкладышей в группе «А» статистически значимых отличий также не выявлено ($p \leq 0,05$). В условиях моделирования износа полиэтилена с горизонтальной инклинацией в экспериментальном модуле эндопротеза ТБС 10° (условия НРК ТБС первой степени) происходит статистически достоверное ($p \leq 0,05$) смещение S изн. в передний отдел полиэтиленовых вкладышей на $143,95 \pm 0,01 \text{ мм}^2$.

Доказано, что моделирование износа полиэтилена с горизонтальной инклинацией в экспериментальном модуле эндопротеза ТБС 20° (условия НРК ТБС 2-й степени) вызывает дальнейшее, статистически достоверное ($p \leq 0,05$) смещение S изн. в передний отдел полиэтиленовых вкладышей на $222,03 \pm 2,25 \text{ мм}^2$. При моделировании износа полиэтилена в условиях горизонтальной инклинации в экспериментальном модуле эндопротеза ТБС 30° (условия НРК ТБС 3-й степени) происходит статистически достоверное ($p \leq 0,05$) смещение S изн. в передний отдел полиэтиленовых вкладышей на $243,52 \pm 0,05 \text{ мм}^2$, что несомненно подтверждает результаты износа полиэтилена в группе «Б» и «В».

Таким образом, основываясь на статистически достоверных результатах анализа износа полиэтилена в четырех группах вкладышей можно утверждать, что увеличение значений УГИ в экспериментальном модуле эндопротеза ТБС вызывает закономерное смещение S изн. в передний отдел полиэтиленовых вкладышей.

Таким образом, поставленная цель изучения износа полиэтилена в лабораторных динамических условиях при разных УГИ в паре трения экспериментального модуля эндопротеза ТБС была достигнута благодаря разработанным философией и методологией, а также организации проведения исследования. Полученные результаты проведенных испытаний доказали обоснованность методологии и алгоритма проведения эксперимента. Именно философия «методики экспресс-моделирования износа полиэтилена» позволила обеспечить выполнение экспериментального исследования в максимально сжатые сроки.

Техническое обеспечение «методики экспресс-моделирования износа полиэтилена» осуществлено разработкой специальной головки модуля экспериментального эндопротеза ТБС с шероховатой поверхностью. Весомую роль в реализации намеченного эксперимента сыграла разработка оригинальной конструкции экспериментального модуля эндопротеза ТБС, использование которого обеспечило проведение изучения износа полиэтилена, изменение углов инклинации в паре трения модуля эндопротеза, моделирование НРК и лабораторное испытание полиэтиленовых вкладышей в динамических условиях. Основополагающим моментом в проведении эксперимента стала любезно предоставленная нам возможность использования оборудования испытательной лаборатории изделий ортопедо-травматологического назначения ООО «ЦИТОпроект» ФГУ «ЦИТО им. Н.Н. Приорова Минздрава России» и общее руководство испытанием заведующего лабораторией, д. т. н. профессора Николая Свиридовича Гаврюшенко.

Анализ статистически обработанных результатов исследования износа полиэтилена установил, что в группе вкладышей группы «А», S изн. составила $657,60 \pm 2,632 \text{ мм}^2$, в группе вкладышей группы «Б» – $623,67 \pm 0,007 \text{ мм}^2$, в группе вкладышей группы «В» – $611,95 \pm 2,25 \text{ мм}^2$ и в группе вкладышей группы «Г» – $604,26 \pm 0,048 \text{ мм}^2$.

Установлено, увеличение значений величины УГИ в экспериментальном модуле эндопротеза ТБС вызывает закономерное смещение S изн. в передний отдел полиэтиленовых вкладышей.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Разработанные философия, методология, а также организация проведения экспериментального исследования обеспечила успешное выполнение всех этапов эксперимента. Обоснованность их разработки и применения подтверждена полученными результатами проведенных испытаний.

2. Методика «экспресс-моделирования износа полиэтилена» явилась основой для проведения экспериментального исследования в сжатые сроки.

3. Разработанный экспериментальный модуль эндопротеза ТБС позволил выполнить моделирование НРК ТБС и обеспечил проведение испытаний полиэтиленовых вкладышей и возможность пространственного расположения пары трения под разными углами.

4. Изменение величины УГИ в паре трения однозначно приводит к изменению площади участка износа полиэтилена и его смещению в передний отдел вкладышей, при этом с увеличением УГИ в модуле эндопротеза уменьшается

площадь участка износа полиэтилена и увеличивается степень его смещения в передний отдел полиэтиленовых вкладышей.

5. Анализ результатов изучения экспресс-моделирования износа полиэтилена при различных углах инклинации в паре трения экспериментального модуля эндопротеза тазобедренного сустава и его статистическая обработка достоверно показали, что S изн. полиэтиленовых вкладышей в условиях инклинации в модуле эндопротеза тазобедренного сустава 0° (группа «А») составила $657,60 \pm 2,632 \text{ мм}^2$; в группе «Б» – в условиях инклинации в модуле эндопротеза тазобедренного сустава 10° S изн. участка составила $623,67 \pm 0,007 \text{ мм}^2$; в группе «В» – в условиях инклинации в модуле эндопротеза тазобедренного сустава 20° S изн. участка составила – $611,95 \pm 2,25 \text{ мм}^2$; в группе «Г» – в условиях инклинации в модуле эндопротеза тазобедренного сустава 30° S изн. участка составила $604,26 \pm 0,048 \text{ мм}^2$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахтямов И.Ф., Кузьмин И.И. Ошибки и осложнения эндопротезирования тазобедренного сустава : руководство для врачей. – Казань : Центр оперативной печати, 2006. – 328 с.
2. Жабин А.И., Носкова Т.И., Гаврюшенко Н.С., Захарова В.И., Образцова Л.Н., Курзин А.А. Протезы тазобедренных суставов. Лабораторная оценка степени износа трущихся поверхностей. Основные рекомендации. Р 42-610-02 : (утв. Минздравом РФ 27.02.2002) / Всерос. науч.-исслед. и испытат. ин-том мед. техники (ВНИИИМТ). – М., 2002. – 9 с.
3. Имплантаты для хирургии. Замещение сустава тотальным эндопротезом. Определение долговечности работы узла трения эндопротеза тазобедренного сустава методом оценки крутящего момента : ГОСТ Р 52640-2006. – М., 2006. – 7 с.
4. Колесник А.И., Солодилов И.М., Сизых С.Г., Алтеев А.В., Гонеев С.В., Кравченко С.А., Колобаева Е.В., Воронаев А.С., Раджжумар Д.С.Р., Мишустин В.Н. Анализ результатов анатомо-хирургического обоснования транспозиции наружных ротаторов бедра при моделировании и устранении наружной ротационной контрактуры тазобедренного сустава // Курск. науч.-практ. вестн. «Человек и его здоровье». – 2012. – № 2. – С. 94-99.
5. Руководство по эндопротезированию тазобедренного сустава / под ред. Р.М. Тихилова, В.М. Шаповалова. – СПб. : РНИИТО им. Р.Р. Вредена, 2008. – 324 с.
6. Солодилов И.М., Колесник А.И., Сизых С.Г., Алтеев А.В., Гонеев С.В., Кравченко С.А., Колобаева Е.В., Воронаев А.С., Раджжумар Д.С.Р., Мишустин В.Н. Результаты эндопротезирования больных коксартрозом с наружной ротационной контрактурой тазобедренного сустава // Курск. науч.-практ. вестн. «Человек и его здоровье». – 2012. – № 2. – С. 117-122.
7. Тихоненков С.Н., Колесник А.И., Сизых С.Г., Солодилов И.М., Чвыкова М.А., Моновцов Р.Ю. Способ интраоперационной реинсерции сухожильно-мышечного обшлага вертельной области при эндопротезировании тазобедренного сустава // Вестн. эксперим. и клин. хирургии. – 2009. – Спец. вып. – С. 69-70.
8. Ягников С.А., Митин В.Н., Гаврюшенко Н.С. Исследование пары трения эндопротезов тазобедренного сустава для собак // Ветеринар. – 2001. – № 4. – С. 20-24.