

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЛАДКОСТНЫХ И ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНДИВИДУАЛЬНОГО ВРЕМЕННОГО ЭНДОПРОТЕЗА ГОЛОВКИ ЛУЧЕВОЙ КОСТИ

Тютюнников А.В.<sup>1</sup>, Резник Л.Б.<sup>1</sup>, Николаева Е.В.<sup>2</sup>, Русских Г.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Клинический медико-хирургический центр Министерства здравоохранения Омской области, Омск, e-mail: clinica@clinica-omsk.ru;

<sup>2</sup>Омский государственный технический университет, Омск, e-mail: fap\_omsk@omgtu.ru

Разработан индивидуальный временный эндопротез головки лучевой кости, а также доказана безопасность его применения в ургентной травматологии путем изучения гладкостных и прочностных характеристик. Исследование проводилось на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный технический университет» (Научно-образовательный ресурсный центр «Политест»). Изучение шероховатости поверхности имплантата, контактирующей с головчатым возвышением плечевой кости и лучевой вырезкой локтевой кости выполнялось профилометре MarSurf PS1. Прочность эндопротеза тестировалась на разрывной машине Zwick TH Z010. Учитывая результаты исследования гладкостных и прочностных свойств эндопротеза, мы пришли к заключению о безопасности использования в качестве временного имплантата, поскольку его шероховатость, со средним значением 3,14 мкм, сопоставима с показателями гладкости нормального гиалинового хряща – 5 мкм. Кроме того, экспериментально доказано, что предложенная модель способна выдерживать сжимающую силу 115N, а эта величина больше средней нагрузки, проходящей через плечелучевое сочленение на 15 единиц.

Ключевые слова: эндопротез, индивидуальная модель, прочность, шероховатость.

## RESULTS OF THE INVESTIGATION OF SMOOTHNESS AND STRENGTHNESS OF THE INDIVIDUAL MODEL OF RADIAL HEAD ENDOPROTHESIS IN EMERGENCY SURGERY

Tyutyunnikov A.V.<sup>1</sup>, Reznik L.B.<sup>1</sup>, Nikolaeva E.V.<sup>2</sup>, Russkih G.S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Clinical Medical Surgery Center of the Ministry of Healthcare of the Omsk region, Omsk, e-mail: clinica@clinica-omsk.ru;

<sup>2</sup>Omsk State Technical University, Omsk, e-mail: fap\_omsk@omgtu.ru

An individual temporary radial head endoprosthesis was developed. The safety of its use in urgent traumatology was proved by studying the smooth and strength characteristics. The study was conducted on the base of the "Omsk State Technical University" (Scientific and Educational Resource Center "Politest"). The study of the surface smoothness of the implant contacting the capitellum and the radial incision of the ulna was performed with the MarSurf PS1 profilometer. The strengthness of the endoprosthesis was tested on a Zwick TH Z010 tensile machine. According to the results of studying of the smooth and strength properties of the endoprosthesis, we came to the conclusion about the safe using of it as a temporary implant, since its smoothness, with an average value of 3.14  $\mu\text{m}$ , is comparable to the smoothness of normal hyaline cartilage of 5  $\mu\text{m}$ . In addition, it has been experimentally proven that the proposed model is able to withstand the compressive force of 115N, and this value is greater than the average load, passing through the radio-capitellar articulation by 15 units.

Keywords: endoprosthesis, individual model, strengthness, smoothness.

### Актуальность проблемы

Основной задачей экстренной хирургической помощи при сложных сочетанных повреждениях проксимального отдела костей предплечья является восстановление стабильности в локтевом суставе в максимально короткие сроки с момента травмы, что позволяет начать раннюю реабилитацию. Это реализуется путем проведения остеосинтеза либо, в случае многофрагментарных переломах головки лучевой кости, первичной артропластики. В настоящее время известно множество эндопротезов, обеспечивающих

восстановление вальгусной стабильности при невозможности выполнения остеосохраняющей операции проксимального отдела лучевой кости. Однако современные системы однополюсного эндопротезирования проксимального отдела лучевой кости не во всех случаях позволяют экономно заместить дефект, формирующийся при многофрагментарных переломах, а их высокая стоимость не всегда позволяет создать необходимый запас данных имплантатов в лечебных учреждениях для проведения оперативного лечения пациентов с тяжелыми повреждениями головки лучевой кости. Поэтому автором была поставлена задача – разработка временного эндопротеза, не уступающего по эффективности известным моделям.

В настоящее время использование эндопротезов с замещением одной из двух составляющих сустав поверхностей (однополюсных протезов) находит свое применение в травматологии в тех случаях, когда планируемые сроки его эксплуатации в организме невелики, а условия функционирования не предусматривают значительной нагрузки [2,7]. Широкое применение до настоящего времени находят такие системы для тазобедренного, плечевого суставов [1, 3, 4, 6]. Их выживаемость и функционирование характеризуются различными параметрами, среди которых ведущее место занимают трибологические характеристики трущейся нагружаемой поверхности имплантата в паре «поверхность имплантат – поверхность суставного хряща» [2, 8]. Проведенные авторами исследования [10] показывают, что желаемая шероховатость в паре трения «поверхность имплантат – поверхность суставного хряща» должна соответствовать параметрам здорового гиалинового хряща и не должна превышать 5 мкм. В этом случае, независимо от материала изготовления, трибология в системе будет близка по своим параметрам к физиологической.

Другим фактором, определяющим скорость износа трущихся поверхностей, является усилие и давление на них. Существующие физиологические параметры внутрисуставного давления различаются для различных типов суставов, прежде всего, верхних и нижних конечностей. В отношении последних требования к условиям взаимодействия существенно выше, что определяется большей нагрузкой. Как известно, значение сил, действующих на коленный сустав, достигают значений в 1500–3000 N [12], а тазобедренный – 1800–4000 N [11]. В то же время в отношении статически не нагружаемых суставных поверхностей верхних конечностей, таких как плечелучевой сустав, на первый план выходит не способность противостоять усилию компрессии, а способность восстановления нормальной функциональной анатомии сустава и возможность обеспечить его эффективное циклическое функционирование [5]. В рамках рассматриваемой в диссертации проблемы лечения повреждений плечелучевого сочленения, многие авторы подчеркивают его роль как важнейшего «вальгусного стабилизатора» локтевого сустава [3], с участием которого

осуществляются ротация, флексия и экстензия предплечья. Кроме того, оно играет важную роль в распределении нагрузок, проходящих через локтевой сустав. В исследованиях В.Ф. Могреу [9] было установлено, что на плечелучевое сочленение приходится от 40 % до 60 % сил, передаваемых через локтевой сустав, при максимальном мышечном напряжении – до 89 %, значение которых достигает 100 N, поэтому в качестве требований к прочностным характеристикам такого имплантата выдвигается его устойчивость к осевой нагрузке в пределах до 100 N.

**Цель исследования** – экспериментально обосновать безопасность применения временного индивидуального эндопротеза головки лучевой кости.

В задачу исследования входило изучение гладкостных и прочностных характеристик имплантата и сопоставление полученных данных с показателями шероховатости нормального гиалинового хряща и средней нагрузкой, передаваемой через плечелучевое сочленение.

**Материалы и методы исследования.** Для восстановления вальгусной стабильности при сложных повреждениях локтевого сустава, требующих экстренного оперативного вмешательства в первые сутки с момента травмы, нами был предложен временный индивидуальный эндопротез головки лучевой кости [патент РФ № 140147 от 27.04.2014 Бюл. № 12], который представляет собой монолитную конструкцию, выполненную из костного цемента на основе полиметилметакрилата. Имплантат содержит цилиндрическую шляпку с углублением в торце, обеспечивающую оптимальный контакт в зоне плечелучевого сочленения, а коническая ножка для усиления прочности армирована спицей типа Киршнера со спиралевидным окончанием, помещенном в шляпку. Эндопротез изготавливали интраоперационно индивидуально в формообразующих, в которых учитывалась протяженность дефекта, а также диаметр костномозгового канала лучевой кости (рис. 1).



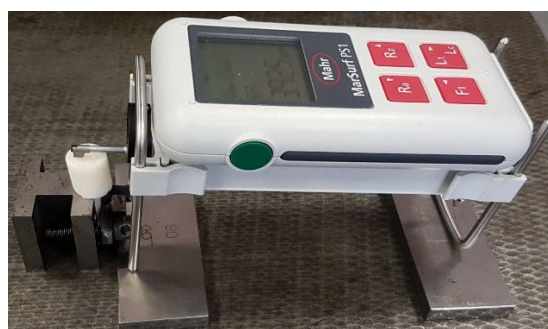
*Рис. 1. Фотография индивидуальной модели эндопротеза головки лучевой кости*

Изучение гладкостных и прочностных характеристик предложенного имплантата проводилось на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный технический университет» (Научно-образовательный ресурсный центр «Политест» ОмГТУ). Для оценки нами было выбрано шесть наиболее часто используемых типоразмеров применяемого эндопротеза: 16\*12 мм (образец 1), 16\*14 мм (образец 2), 16\*16 мм (образец 3), 18\*12 мм (образец 4), 18\*14 мм (образец 5), 18\*16 мм (образец 6), где первое значение – диаметр головки, а второе – высота эндопротеза.

Оценку шероховатости производили профилометром MarSurf PS1, щуп которого помещали на поверхность, контактирующую с хрящом головчатого возвышения плечевой кости и лучевой вырезки локтевой кости. Результаты измерений – среднее арифметическое отклонение профиля Ra (ИСО 4287-1997) – отображались на дисплее и заносятся в память устройства (рис. 2).



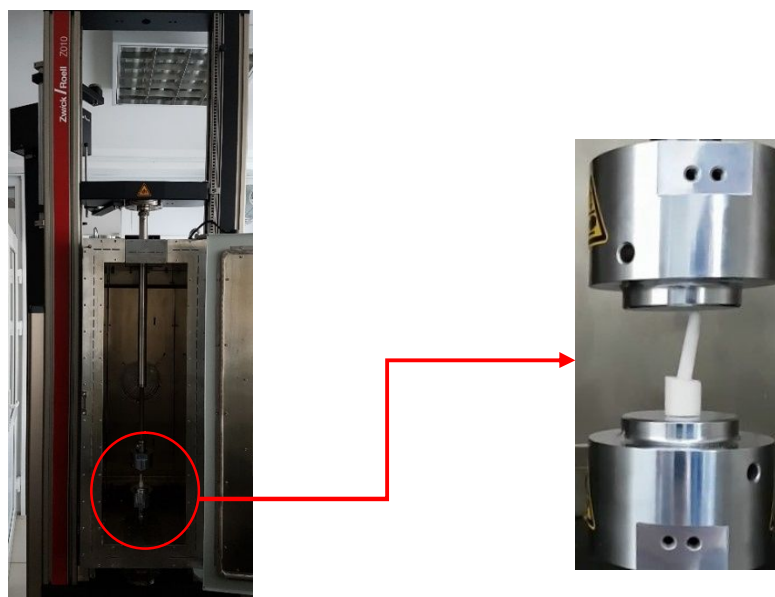
а



б

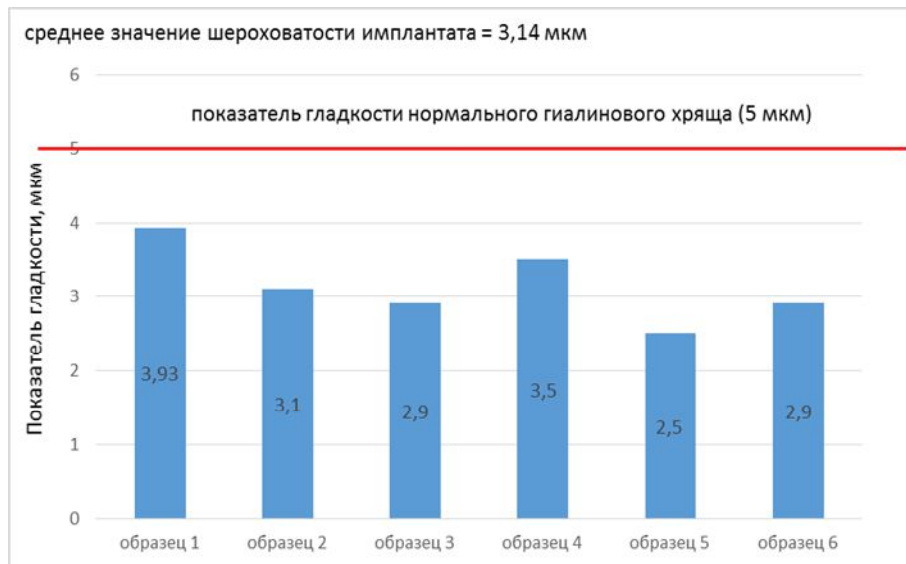
*Рис. 2. Измерение шероховатости модели эндопротеза головки лучевой кости: а – щуп профилометра установлен на поверхности, контактирующей с лучевой вырезкой локтевой кости, б – щуп профилометра установлен на поверхности, контактирующей с головчатым возвышением плечевой кости*

Оценка прочности имплантата проводилась на тех же шести опытных образцах, которые были отобраны для изучения шероховатости артикулирующей поверхности. Исследование проводилось на разрывной машине Zwick TH Z010 (Zwick Roell Group). Каждый образец помещался в камеру, устанавливался на пресс и подвергался сжатию со стартовым усилием 115 N – величине, превышающей силу ежедневной средней нагрузки, передаваемой через головчатое возвышение плечевой кости, на 15 единиц (рис. 3).



*Рис. 3. Сжатие имплантата в камере разрывной машины Zwick TH Z010*

**Результаты исследования.** Полученные в ходе стендового эксперимента данные исследования гладкости суставной поверхности индивидуальной модели эндопротеза головки лучевой кости отображены на рис. 4.



*Рис. 4. Результаты исследования шероховатости модели эндопротеза*

Как видно из рисунка, при сравнении полученных данных с показателями шероховатости поверхности хряща установлена сопоставимость величин, что подтверждает адекватность получаемой трибологической пары в качестве рабочего узла трения.

Результаты измерений сжимающих сил на разрывной машине Zwick TH Z010 (Zwick

Roell Group) регистрировались в программе testXpert II, разработанной компанией Zwick под операционную систему Microsoft Windows (рис. 5).

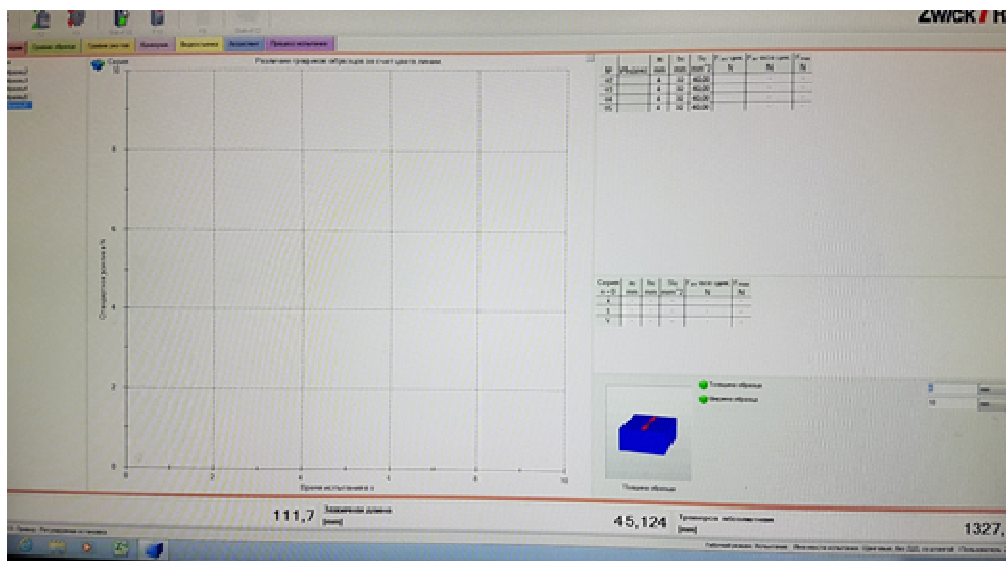


Рис. 5. Результат измерения силы сжатия, действующей на имплантат

При воздействии сжимающих сил на опытные образцы, не было отмечено их разрушения или деформации (таблица).

Сводная таблица результатов исследования прочности образцов индивидуального эндопротеза на разрывной машине

	Величина сжимающей силы (зажимная длина), N (мм)	Наличие деформации/разрушения имплантата
Образец 1	115	нет
Образец 2	115	нет
Образец 3	115	нет
Образец 4	115	нет
Образец 5	115	нет
Образец 6	115	нет

## Выводы

1. Изучены параметры шероховатости поверхности, контактирующей с головчатым возвышением плечевой кости и лучевой вырезкой локтевой кости, предложенного временного эндопротеза головки лучевой кости. Полученное среднее значение – 3,14 мкм сопоставимо с показателями гладкости нормального гиалинового хряща – 5 мкм.
2. Экспериментально доказано, что предложенная модель способна выдерживать сжимающую силу 115 N, которая выше средней нагрузки, проходящей через плечелучевое

сочленение на 15 единиц.

3. Учитывая результаты исследования гладкостных и прочностных свойств эндопротеза, мы пришли к заключению о его безопасности в качестве временного имплантата, позволяющего восстановить вальгусную стабильность в локтевом суставе и обеспечивающего возможность максимально ранней реабилитации в послеоперационном периоде.

### Список литературы

1. Городниченко А.И. Результаты первичного цементного биполярного эндопротезирования тазобедренного сустава при переломах шейки бедренной кости у лиц старшей возрастной категории / А.И. Городниченко, И.А. Смышляев // Кремлевская медицина. Клинический вестник. – 2015. – № 4. – С. 40-44.
2. Исследование артикулирующих поверхностей однополюсных эндопротезов головки бедренной кости / А.А. Самойленко [и др.] // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2014. – № 4 (597). – С. 31-35.
3. Калантырская В.А. Оперативное лечение переломов головки лучевой кости / В.А. Калантырская, В.В. Ключевский // Мир науки, культуры, образования. – 2014. – № 6 (49). – С. 586-588.
4. Карев Д.Б. Однополюсное эндопротезирование тазобедренного сустава в лечении медиальных переломов у пациентов старших возрастных групп / Д.Б. Карев, Б.А. Карев, С.И. Болтрукевич // Новости хирургии. – 2010. – № 2 (18). – С. 76-81.
5. К чему приводит удаление головки лучевой кости после ее переломов / В.А. Калантырская [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2008. – № 2 (48). – С. 36-37.
6. Слободской А.Б. Эндопротезирование плечевого сустава / А. Б. Слободской, И.С. Бадак // Гений ортопедии. – 2011. – № 4. – С. 71-76.
7. Трибология суставов и проблемы современной ортопедии / Л.С. Пинчук [и др.] // Трение и износ. – 2008. – № 3 (29). – С. 239-305.
8. Dumbleton J.H. Tribology of natural and artificial joints, Tribology series, 3 / J.H. Dumbleton. – Amsterdam, Oxford, New York: Elsevier Scientific Publish Company, 1981. – P. 459.
9. Morrey B.F. Force transmission through the radial head / B.F. Morrey, K.N. An, T. J. Stormont // J. Bone Joint Surg. – 1988. – Vol. 70-A. № 2. – P. 250-256.
10. Quantitative assessment of cartilage surface roughness in osteoarthritis using high frequency ultrasound / R.S. Adler [et al.] // Ultrasound Med. Biol. – 1992. – Vol. 18. № 1. – P. 51-57.

11. Realistic loads for testing hip implants / G. Bergmann [et al.] // Biomed Mater Eng. – 2010. Vol. 20. № 2. – P. 340-344.
12. Wear Testing of Moderate Activities of Daily Living Using *In Vivo* Measured Knee Joint Loading [Electronic resource] / J. Reinders [at al.] // PLoS ONE. – 2015. – Vol. 10. № 3. doi:10.1371/journal.pone.0123155.