

## ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ОПЕРАЦИИ GRANER У ПАЦИЕНТОВ С БОЛЕЗНЬЮ КИНБЕКА

Петуховский А. С., Волотовский А. И.

*Белорусский государственный медицинский университет,  
Кафедра травматологии и ортопедии  
г. Минск*

**Ключевые слова:** полулунная кость, головчатая кость, остеохондропатия, запястье, аваскулярный некроз

**Резюме.** В данной статье описаны этапы компьютерного моделирования остеотомии головчатой кости запястья у пациентов с болезнью Кинбека.

**Resume.** Article presents stages of computer modeling of capitate osteotomy in patients with Kienbock disease.

**Актуальность.** Мы изучили проблемы хирургического лечения поздних стадий болезни Кинбека и применения компьютерных технологий визуализации в медицине. В работе представлены результаты использования трёхмерного моделирования костей запястья при модифицированной операции Graner, разработанной на кафедре травматологии и ортопедии УО «БГМУ» в 2009 году [1,2]. Для создания моделей использована программа визуализации запястья, созданная в 2009 в Республике Беларусь.

**Цель:** изучить возможности трёхмерного моделирования остеотомии головчатой кости у пациентов с болезнью Кинбека и её характеристик.

**Задачи:**

1. Создать трёхмерные модели запястья пациентов после проведения виртуальной г-образной остеотомии головчатой кости.
2. Проанализировать взаимоотношения костей запястья после операции.
3. Проверить возможность использования моделирования при планировании оперативного вмешательства.

**Материалы и методы.** Использованы DICOM серии КТ 10 пациентов, обращавшихся в Республиканский центр хирургии кисти на базе УЗ «б ГКБ» г. Минска за период с 2014 по февраль 2016 года с диагнозом болезнь Кинбека IIIA-IV стадии (по Lichtman) [3]. Возраст пациентов 23 - 56 лет.

В клинике используется томограф LightSpeed Pro 32 с характеристиками: толщина среза  $6.25 \cdot 10^{-4}$  м, матрица 512x512 пикселей, размер пикселя  $(4.37500 - 6.30859) \cdot 10^{-4}$  м.

С помощью программы визуализации запястья PreOst версии 04.11.2012 проведена виртуальная остеотомия модифицированной операции Graner, созданная в 2009 году [1,2].

Для кости обозначили маркерами различных цветов с помощью классификатора Watershed. На Рис. 1 в поперечной проекции видна линия патологического перелома полулунной кости.

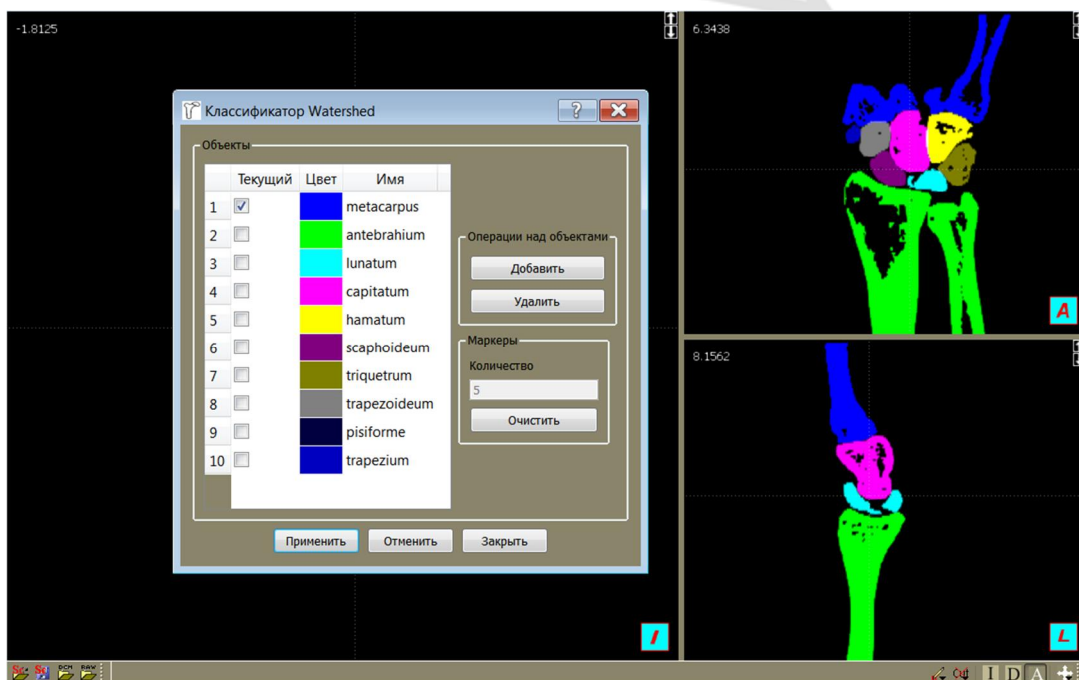


Рис. 1 - Разметка объектов

Первым этапом мы провели резекцию фрагментов полулунной кости. Для этого в классификаторе мы обозначили её как невидимую.

Используя «Мастер измерений», мы создали клин распила из двух плоскостей под углом  $90^\circ$ . Для чего нами было размещено 3 маркера: 1 - на прямой пересечения плоскостей распила, 2 и 3 - указывающие направления плоскостей. Сагиттальная плоскость распила клина расположена на расстоянии 3-4мм от суставной поверхности с лучевой стороны [2]. Особенности программы, в частности «Мастера измерений» привели к трудностям построения элемента.

Согласно планиметрической аксиоматике Гильберта: каковы бы ни были две точки A и B, существует прямая a, которой принадлежат эти точки (плоскость пересечения мы строили только по 1 точке). Её стереометрический раздел предполагает: каковы бы ни были три точки A, B и C, не принадлежащие одной прямой, существует плоскость  $\alpha$ , которой принадлежат эти три точки. Каждой плоскости принадлежит хотя бы одна точка (нам пришлось строить 2 плоскости по 3 точкам, то есть 1 плоскость по двум точкам) [4]. Данные проблемы мы решали точным проецированием «камеры» пользователя в идеальных положениях (проекция на одну из сторон куба A, L или I на Рис. 1) и многократными перемещениями маркера.

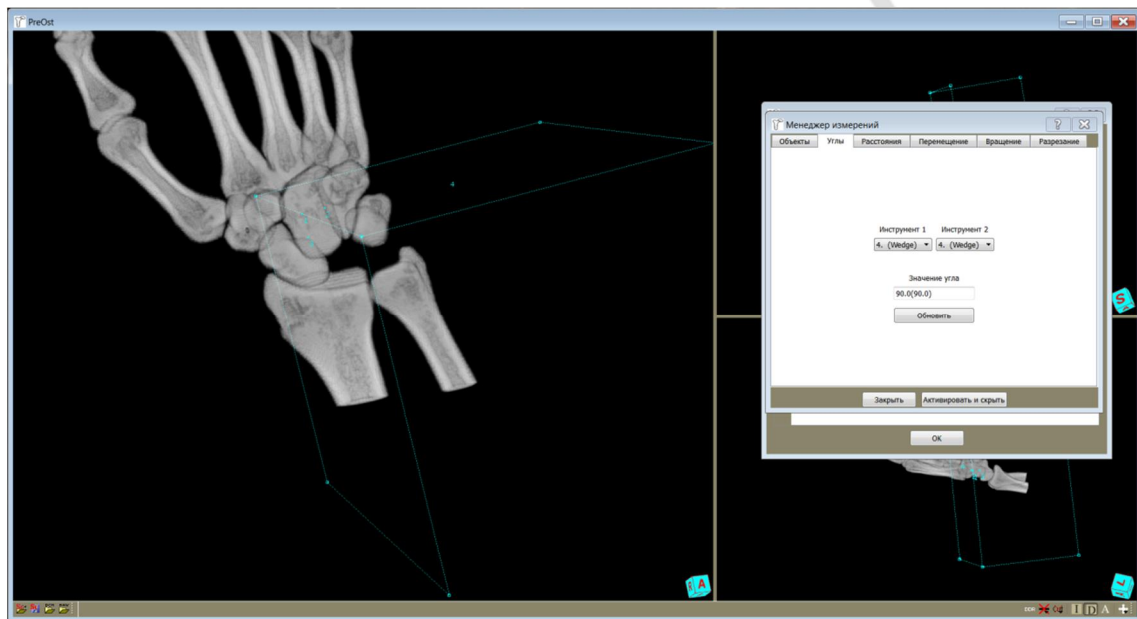


Рис. 2 - Клин разреза, угол  $90^\circ$

Далее мы произвели распил костей. Но, так как плоскости пересекают множество костей кисти и предплечья, перед распиливанием мы оставили видимыми только 2 из них: головчатую и ладьевидную. Таким образом, мы провели г-образную остеотомию головчатой кости и частичную резекцию ладьевидной кости. Из 2х объектов мы получили 4, по два из каждой кости. Меньший фрагмент ладьевидной кости удалили аналогично полулунной.

Выставив 4й маркер в предполагаемом месте расположения барицентра низводимого фрагмента головчатой кости с помощью «Мастера измерений», его перемещали. Проведя контроль в окне трёхмерной реконструкции, мы вносили корректировки в его положение. Для корректировки мы временно делали невидимыми кости предплечья.

Возможности программы позволяют производить измерения. Благодаря этому мы можем рассчитать объём трансплантата, необходимого для заполнения полости между головчатой и крючковидной костями. А так же площадь соприкосновения суставных поверхностей запястья и лучевой кости.

Для проведения расчётов площади выставлено от 10 до 18 маркеров по краям контакта запястья и лучевой кости. Контакт с локтевой костью не учитывали, так как её минус вариант расположения предполагает менее 6% всей нагрузки, проходящей через кистевой сустав [5]. Минус вариант по Hulthén мы наблюдали у 7 пациентов [6]. Вопрос связи минус варианта с развитием болезни Кинбека по прежнему не решен [7]. Вторая причина контакта с локтевой костью - это сложная передача нагрузок через TFCC и другие мягкотканые структуры, которые невозможно визуализировать в применяемой программе [8].

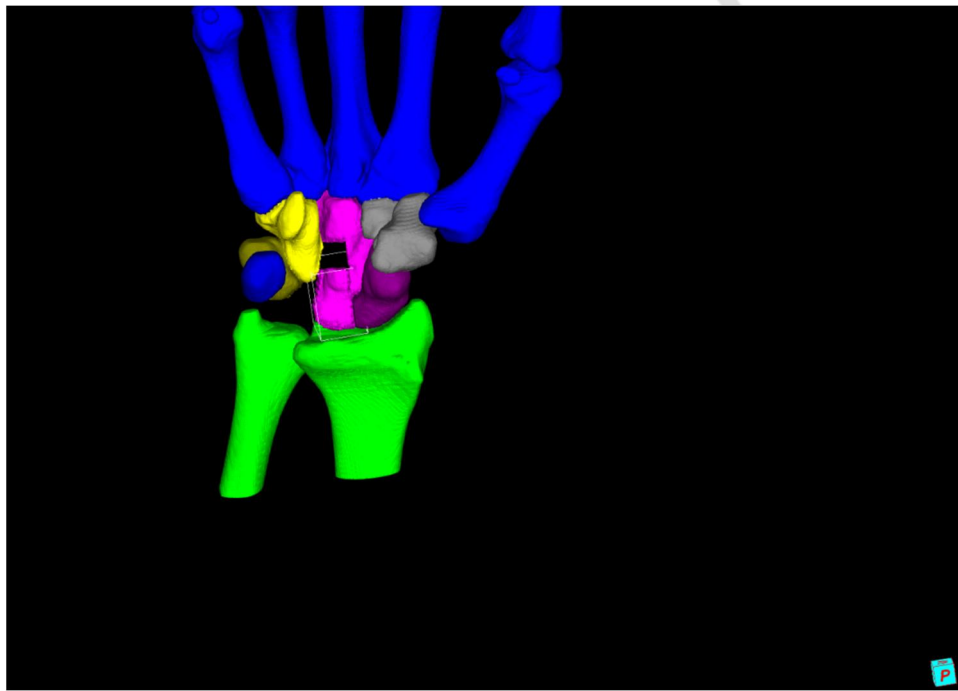


Рис. 3 - трёхмерная реконструкция операции

Для расчёта объёма необходимого трансплантата дефект разделили на несколько секторов в форме параллелепипедов, в углах которого находились маркеры. На основании измерения длин сторон параллелепипедов рассчитаны их объёмы.

$$V = \sum_{i=1}^n (a_n \cdot b_n \cdot c_n)$$

С целью измерения площади контакта запястья с лучевой костью мы выставили от 10 до 18 маркеров по границам их соприкосновения. Площадь контакта рассчитывалась как сумма геометрических фигур, сторонами которых являлись кратчайшие отрезки, ограниченные двумя маркерами.

$$S = \sum_{i=1}^n S_n$$

На данном этапе, нам пришлось измерять расстояния между точками. А также размеры углов, ограниченных 2 лучами, которые выходят из 1 точки, включая две другие. Возможность измерения площадей объёмных объектов костей, или хотя бы фигур на плоскости, ограниченных маркерами, значительно упростили задачу и повысили точность расчётов.

**Результаты и обсуждение:** У всех 10 пациентов созданы модели и проведены измерения. Среднее значение предполагаемого размера трансплантата составило 911,0 mm<sup>3</sup>. Площадь контакта составила 153,8 mm<sup>2</sup>.

Таблица 1. Результаты моделирования (n=10)

Пациент	Радиоульнарное	V трансплантата mm <sup>3</sup>	S контакта mm <sup>2</sup>
---------	----------------	---------------------------------	----------------------------

	соотношение (по локтевой кости)		
1	0	934,67	146,95
2	0	890,28	177,05
3	минус	881,56	147,27
4	минус	925,19	166,47
5	минус	886,23	133,81
6	минус	904,9	160,73
7	минус	942,28	159,35
8	0	912,04	149,34
9	минус	938,72	152,03
10	минус	893,69	144,72
<b>Среднее значение</b>		<b>910,956</b>	<b>153,772</b>

Программу визуализации запястья можно использовать для моделирования г-образной остеотомии головчатой кости у пациентов с болезнью Кинбека IIIA-IV стадии, как и расчёты некоторых параметров. Вычисление объёма трансплантата и площади контактирующих поверхностей позволяет производить сравнение данной операции с другими вариантами хирургического лечения. Мы считаем допустимым применение программы для моделирования более сложных биомеханических операций на костях запястья и других измерений.

**Выводы:**

Моделирование запястья позволяет проанализировать взаимоотношения его костей до и после оперативного лечения болезни Кинбека, а также сравнить различные варианты операций. Внедрение технологий компьютерного моделирования расширяет возможности врача предоперационной подготовки в запущенных случаях остеохондропатий запястья при выборе характера операции и прогнозе отдалённых последствий.

**Литература**

1. Graner O, Lopes EI, Carvalho BC, Atlas S. Arthrodesis of the carpal bones in the treatment of Kienböck's disease, painful ununited fractures of the navicular and lunate bones with avascular necrosis, and old fracture-dislocations of carpal bones. *J Bone Joint Surg Am.* 1966 Jun;48(4):767-74
2. Способ хирургического лечения аваскулярного некроза полулунной кости: пат. 15614 Респ. Беларусь, МПК (2006.01) C1 A 61B 17/56/ Волотовский А.И., Аликевич Ю. Л., Беспальчук А.П.; заявитель Бел. гос. мед. ун-т. № а 20090896; заявл. 18.06.2009, зарегистр. 06.12.2011 //Афіцыйны бюл. / Нац. Цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 2. – С. 66.
3. Lichtman D. M., Lesley N. E., Simmons S. P. The classification and treatment of Kienböck's disease: the state of the art and a look at the future. *Journal of Hand Surgery: European Volume.* 2010;35(7):549–554.
4. Hilbert D. *Grundlagen der Geometrie.* Leipzig, Teubner, 1899
5. Bu J, Patterson RM, Morris R, Yang J, Viegas SF. The effect of radial shortening on wrist joint mechanics in cadaver specimens with inherent differences in ulnar variance. *J Hand Surg Am.* 2006 Dec;31(10):1594-600
6. Hulten O. *Über anatomische Variation der Handgelenkknochen.* Acta Radiol., 1928, 9, 155-169

7. Stahl S, Stahl AS, Meisner C, Hentschel PJ, Valina S, Luz O, Schaller HE, Lotter O. Critical analysis of causality between negative ulnar variance and Kienböck disease. *Plast Reconstr Surg*. 2013 Oct;132(4):899-909

8. Dy, Christopher J. et al. “Peripheral Triangular Fibrocartilage Complex Tears Cause Ulnocarpal Instability: A Biomechanical Pilot Study.” *Clinical Orthopaedics and Related Research* 470.10 (2012): 2771–2775