

## Раздел I. Аппаратные и программные средства функциональной диагностики и терапии

УДК 007: 57+007:573

К.А. Абакумова, П.И. Бегун, И.И. Аль-Муджагед

### СИНТЕЗ КОМПЬЮТЕРНЫХ МЕТОДИК ДЛЯ КЛИНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ИССЛЕДОВАНИЙ СОСТОЯНИЯ СТРУКТУР МОЧЕВОГО ПУЗЫРЯ

*Разработаны комплексные методики для клинического анализа и исследования структур мочевого пузыря в норме, при патологиях и при реконструкции. Методика построена на синтезе клинических ультразвуковых и томографических исследований и программных пакетов Solid Works, COSMOS и Mimmix.*

*Мочевой пузырь; норма; патология; реконструкция; компьютерное моделирование; анализ.*

К.А. Abakumova, P.I. Begun, I.I. Al-Mudjaged

### SYNTHESIS OF COMPUTER METHODS FOR CLINICAL ANALYSIS OF URINARY BLADDER STRUCTURES' STATE

*Complex methods for clinical analysis of normal, pathological and reconstructed urinary bladders' structures were devised. Methodology is based on synthesis of clinical ultrasonic and tomography examinations and program packages such as Solid Works, COSMOS and Mimmix.*

*Urinary bladder; norm; pathology, reconstruction; computer modeling; analysis.*

Проблема полного или частичного замещения мочевого пузыря (МП) актуальна в современной урологии. В структуре смертности населения России от злокачественных опухолей удельный вес больных со злокачественными заболеваниями мочевых органов составил 6,5 %, причем среди мужского населения злокачественные опухоли мочевой системы занимают четвертое место [1].

МП – полый внутренний орган, состоящий из трех слоев: подслизистого, мышцы мочевого пузыря (детрузора) и наружного адвентициального. Удержание мочи обеспечивается главным образом строением шейки МП и внутреннего отверстия уретры. Гладкомышечные волокна детрузора при переходе на заднюю уретру вместе с другими образованиями этой зоны формируют замыкательный аппарат МП (сфинктер). Функционирование внутреннего сфинктера связано с баро- и терморцепторами, находящимися в детрузоре. Поперечно-полосатый сфинктер расположен ниже внутреннего сфинктера, жестко соединен с брюшиной. Его функционирование может зависеть от воли и желания человека [2]. При постепенном заполнении МП в объеме 300-600 мл внутрипузырное давление остается низким и составляет от  $5 \cdot 10^2$  до  $15 \cdot 10^2$  Па. Открытие просвета происходит при давлении примерно  $4 \cdot 10^3$  Па благодаря тоническому сокращению внутреннего сфинктера. Через несколько секунд происходит открытие поперечно-полосатого сфинктера.

Физиологическая емкость МП у взрослых людей в норме колеблется в диапазоне 250 – 600 мл.

При построении моделей геометрические параметры МП определяются по данным ультразвуковых исследований и томограммам. Компьютерное моделирование проведено в конечно-элементном пакете Cosmos Works, интегрированном в САД-систему Solid Works.

Содержательную модель МП для исследования напряженно-деформированного состояния в момент открытия внутреннего сфинктера построена при следующих допущениях: 1) материалы МП и внутреннего сфинктера однородные и изотропные с приведенными модулями нормальной упругости  $E_m$ ,  $E_c$  и коэффициентами Пуассона  $\nu_m$ ,  $\nu_c$ ; 2) начальные напряжения в стенках МП и внутреннего сфинктера не учитываются; 3) шейка МП жестко закреплена на кольце шириной 10 мм; 4)  $k$  внутренней поверхности МП приложено гидростатическое давление  $p$ , при котором открывается внутренний сфинктер; 5) толщина стенки наполненного МП плавно изменяется от  $h$ , в верхушке до  $1,67h$  на границе участков верхней и средней трети МП и  $2h$  при основании ( $h = 3$  мм); 6)  $k_H$  – отношение высоты  $h$  МП куполообразной формы, к его наибольшей ширине  $S$ . Проведены исследования напряженно-деформированного состояния в диапазоне МП в норме.

При существующем множестве технологий операций по реконструированию МП нет ни одной, которая была бы полностью успешной. В каждой методике есть недостатки. Единого мнения среди специалистов по поводу «наилучшего» метода на сегодняшний день нет. Многие клиники отдают предпочтение той или иной технике операции, однако хирурги, активно занимающиеся этой проблемой, полагают, что выбор метода формирования резервуара искусственного мочевого пузыря (ОМП) индивидуален для каждого пациента [2 – 5]. Для предоперационного прогнозирования результатов реконструкции необходимо моделирование ОМП и проведение биомеханического анализа состояния его структур.

Существует множество конструкций ОМП, сформированного из подвздошной кишки. Для иллюстрации разработанной методики, рассмотрим три наиболее часто используемые по-хаутманну, по-студеру-1, по-студеру-2.

Конструкция 1. Резервуар ОМП (на рис. 1,а) формируют из сегмента подвздошной кишки длиной 55 см. Ушивают по краям и вскрывают по противобрыжеечному краю на протяжении 10 см от дистального края. Проксимальный (невскрытый) участок сегмента подвздошной кишки длиной 15 см обеспечивает антирефлюксный механизм ОМП. После имплантации мочеточников детубуляризованной части кишечного сегмента придают U-образную форму. Заднюю стенку сшивают для создания резервуара. В дне резервуара вырезают отверстие для анастомоза между резервуаром и культей уретры. Диаметр отверстия в дне резервуара 8-10 мм. Емкость ОМП через год после операции составляет в среднем 500 мл.

Конструкция 2. Для создания резервуара (рис. 2,а), отступив 15 см от илеоцекального угла, выделяют 40 см сегмента подвздошной кишки. Сегменту подвздошной кишки придается W-образная форма и выполняется его детубуляризация по противобрыжеечному краю. Края нижнего угла W-образно сложенного сегмента кишки сшивают. Верхние углы W-образного сегмента сшивают, отступив по 5 мм от края сегмента. Это способствует образованию желоба. В области дна резервуара вырезают отверстие для последующего анастомоза с уретрой. Переднюю поверхность резервуара ушивают.

На рис. 1,б и 2,б представлены схемы содержательных моделей, описанных выше конструкций, построенные при следующих допущениях: 1) материалы ОМП и рубцов однородные и изотропные с приведенными модулями нормальной упру-

гости  $E_n$ ,  $E_r$  и коэффициентами Пуассона  $\nu_n$ ,  $\nu_r$ ; 2) к внутренней поверхности ОМП приложено гидростатическое давление  $p_n$ , при котором открывается наружный сфинктер; 3) к участку, площадью  $S_i$ , наружной поверхности  $i$ -го резервуара приложено мышечное давление  $p_m$ , обеспечивающее его опорожнение; 4) внутренний радиус подвздошной кишки  $R_n$ , толщина стенки  $h_n$ , ширина рубца  $h_r$ ; 5) шейка искусственного мочевого пузыря зафиксирована на тазобедренной кости. Диаметр жестко заземленного по основанию сегмента тазобедренной кости  $D_t$ , ширина  $h_t$ , внутреннее отверстие 10 мм; 6) материал кости однородный и изотропный с модулем нормальной упругости  $E_t$  и коэффициентом Пуассона  $\nu_t$ .

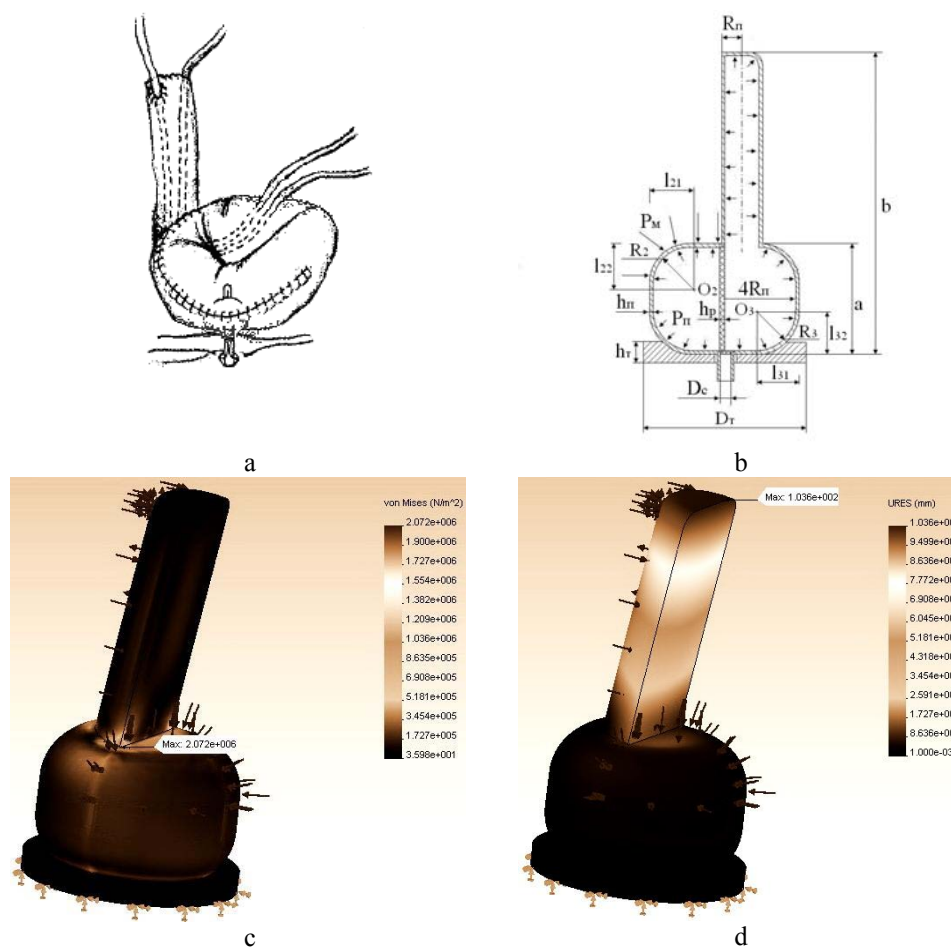


Рис. 1. Схема конструкции 1 (а), содержательная модель (б), эпюры напряжений (с) и перемещений (д) в момент открытия внутреннего сфинктера в реконструированном мочевом пузыре от модуля нормальной упругости рубца

Приведены эпюры напряжений (рис. 1,с и 2,с) и перемещений (рис. 1,д и 2,д) в момент открытия внутреннего сфинктера в ОМП, сформированном из сегмента подвздошной кишки длиной 55 см для первой реконструкции, 40 см – для второй, радиусом  $R_n = 13,5$  мм и толщиной стенки сегмента  $h_n = 3$  мм. Заданы следующие механические свойства и геометрические параметры сформированного резервуара:

$E_n = 5,4$  МПа;  $E_p = 8,1$  МПа,  $E_T = 3 \cdot 10^4$  МПа;  $v_n = v_p = v_T = 0,45$ ;  $h_p = 4$  мм;  $p_n = 2$  кПа;  $D_T = 128$  мм;  $h_T = 10,9$  мм;  $p_M = 9,45$  кПа,  $S_2 = 69,6$  см<sup>2</sup>,  $a = 86,6$  мм,  $b = 237$  мм,  $R_2 = 28,1$  мм,  $l_{21} = 31,1$  мм,  $l_{22} = 31,1$  мм,  $R_3 = 31,1$  мм,  $l_{31} = 34,1$ ,  $l_{32} = 34,1$  мм – для первой реконструкции;  $p_M = 9,65$  кПа,  $S_3 = 72,2$  см<sup>2</sup>,  $R_2 = 16,8$  мм,  $l_{21} = 20,8$  мм,  $l_{22} = 19,9$  мм,  $R_3 = 36,8$  мм,  $l_{31} = 40,7$  мм,  $l_{32} = 39$  мм – для второй.

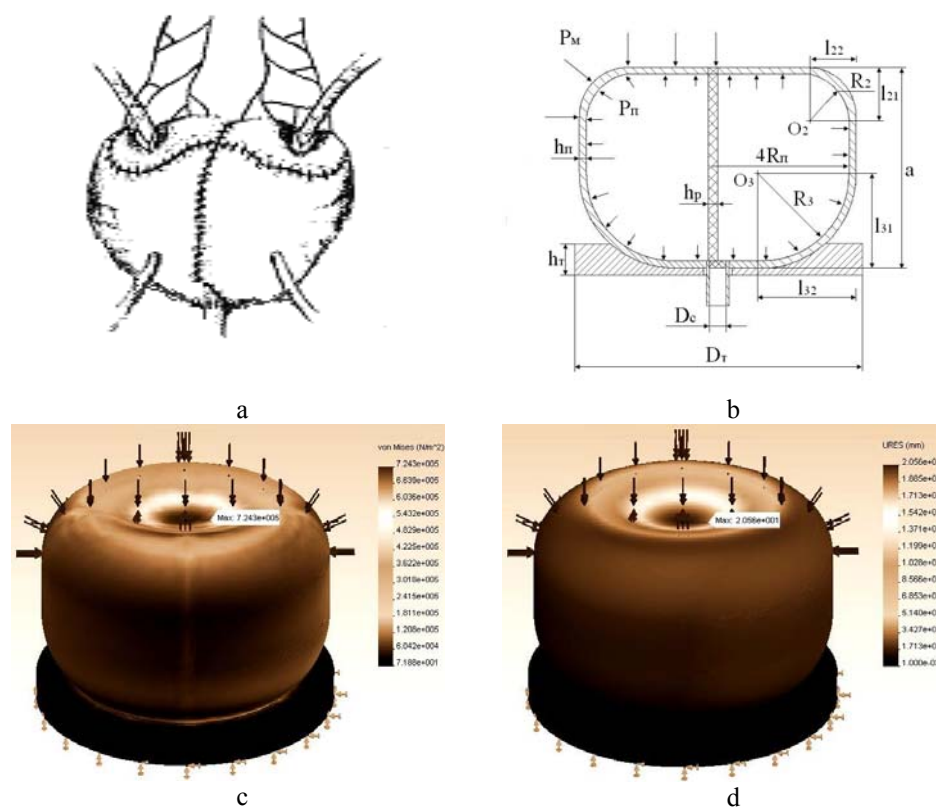


Рис. 2. Схема конструкции 2 (а), содержательная модель (б), этюры напряжений (с) и перемещений (д) в момент открытия внутреннего сфинктера и зависимости напряжений и перемещений в реконструированном мочевом пузыре от модуля нормальной упругости рубца

Разработанная методика исследования состояния мочевого пузыря в норме и при реконструкции позволяет проводить: 1) биомеханические исследования состояния мочевого пузыря пациента; 2) определять критическое состояние мочевого пузыря; 3) выбирать оптимальный вариант формы реконструированного мочевого пузыря в зависимости от свойств имплантата.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Морозов А.В. Ортопический «энтеро-неоцистис» низкого давления /А.В. Морозов, К.А. Павленко. – М.: Изд – во «Медпрактика», 2006. – 160 с.
2. Комяков Б.К. Ортопическая пластика мочевого пузыря сегментом желудка / Б.К. Комяков, А.И.Новиков, А.И. Горелов и др. // Урология. – 2004. – №3. – С. 32 – 35.
3. Лоран О.Б. Функциональное состояние мочевых путей после пластики мочевого пузыря сегментом подвздошной кишки (Экспериментальное исследование) // О.Б. Лоран, В.И.

- Кирпатовский, К.С. Мудрая и др. // Урология. – 1999. – №2. – С. 17-23.*
4. *Русаков И.Г., Теплов А.А., Перепечин Д.В. и др. Метод формирования мочевого резервуара у больных после цистэктомии // И.Г. Русаков, А.А. Теплов, Д.В. Перепечин и др. – М.: ФГУ МНИОИ им. П.А. Герцена Росздрава, 2006. – 12 с.*

**Абакумова Кристина Александровна**

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ».

E-mail: kriss\_777@mail.ru.

195297, г. Санкт-Петербург, Светлановский пр.74/1-64, тел.: (951)6578793.

Факультет ПБЭИ, магистрант.

**Abakumova Kristina Alexandrovna**

Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI».

E-mail: kriss\_777@mail.ru.

Svetlanovskiy pr. 74, bldg. 1, ap. 64, S. Petersburg, 195297, Russia, Phone: (951)6578793.

DBEI department, undergraduate.

**Бегун Петр Иосифович**

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ».

E-mail: begun@fromru.com,

195297, г. Санкт-Петербург, Светлановский пр., 74/1-64, тел.:(812) 5582246.

Зам. зав. кафедрой ПМИГ, профессор, д.т.н.

**Begun Peter Iosifovitch**

Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI».

E-mail: begun@fromru.com.

Svetlanovskiy pr. 74, bldg. 1, ap. 64, S. Petersburg, 195297, Russia, Phone: (812)5582246.

Department of applied mechanics and engineering graphics, vise director, Prof., Doctor of technics.

**Аль-Муджагед Исмаил Исаак**

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ».

E-mail: ismailru@mail.ru.

195297, г. Санкт-Петербург, Светлановский пр., 74/1-64, тел.: (904)5571571.

Аспирант.

**Al-Mudjaged Ismail Isaak**

Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI».

E-mail: ismailru@mail.ru.

Svetlanovskiy pr. 74, bldg. 1, ap. 64, S. Petersburg, 195297, Russia, Phone: (904)5571571.

Post-graduate student.

УДК 612.76

**А.В. Абалян, Т.Г. Фомиченко, В.Д. Емельянов**

**ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ КООРДИНАЦИИ У СПОРТСМЕНОВ-ПАРОЛИМПИЙЦЕВ**

*Цель работы состояла в разработке системы для изучения функций управления движениями у спортсменов. Система позволяет обосновать теоретические предположения о механизмах обучения управлению на примере следящих движений.*

*Стабилометрия; параолимпийцы; координация.*