

УДК 539.3:611.64

СОЗДАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МОЧЕВОГО ПУЗЫРЯ ПОД СТАТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ

Полиданов М.А. (Университет «Реавиз»), Волков К.А. (Саратовский ГМУ), Кашихин А.А. (Университет «Реавиз»), Цуканова П.Б. (Университет «Реавиз»),

Научный руководитель – доктор медицинских наук, профессор Масляков В.В. (Саратовский ГМУ)

Введение. На этапе первичного обследования пациента крайне важно определить характер и степень возможного повреждения мочевого пузыря, вызванного ударом или падением, чтобы корректно спланировать хирургическое вмешательство [1, 2]. В связи с этим, цель исследования – разработка модели деформации наполненного мочевого пузыря человека под статической нагрузкой.

Основная часть. В доступной научной литературе содержится недостаточно сведений о механических свойствах стенок мочевого пузыря человека. В связи с этим для изучения его прочностных характеристик были проведены эксперименты по одноосному растяжению с использованием универсальной испытательной машины. В рамках стандартизированной методики из биологического материала вырезали образцы, полученные из пяти донорских мочевого пузыря. Эти образцы фиксировались в захватах разрывной машины и подвергались постепенному растяжению до момента разрушения.

В ходе каждого испытания регистрировались значения механического напряжения (σ) и относительной деформации (ϵ), рассчитанные с учётом исходной площади поперечного сечения образца. На основе полученных экспериментальных данных была разработана конечно-элементная модель (МКЭ), учитывающая постоянное гидростатическое давление, действующее на стенки мочевого пузыря в состоянии его наполнения.

Для верификации результатов моделирования была выполнена серия экспериментов *in vitro*, в которых на мочевой пузырь оказывалось внешнее давление под ультразвуковым контролем. Результаты исследования подтверждают, что изотропные механические свойства биологической ткани применимы для анализа деформации мочевого пузыря при его наполнении, если за исходное (недеформированное) состояние принимается объем в 300 мл. Обоснованность такого подхода доказана через компьютерное моделирование и последующую экспериментальную проверку реакции органа на внешнее статическое воздействие. Однако, следует отметить, что предложенная модель имеет определённые ограничения: она корректна только для сценариев, в которых травма происходит у пациента в вертикальном положении – например, при падении с высоты своего роста на твёрдую поверхность. Это обусловлено тем, что при длительном пребывании в горизонтальном положении внутренние органы подвергаются дополнительной деформации под действием гравитации.

Форма мочевого пузыря после такой адаптации труднопредсказуема, поскольку определяется множеством индивидуальных факторов: неоднородностью околососудистой и околопузырной клетчатки, объёмом и распределением жировой ткани, а также пространственным взаимодействием с соседними органами. Следовательно, деформационные особенности брюшной полости у пациентов, длительно находящихся в горизонтальном положении, носят сугубо индивидуальный характер [3].

Выводы. В качестве продолжения исследования в настоящее время ведется анализ механизма передачи ударной нагрузки с передней на заднюю стенку (на основе клинических случаев разрыва задней стенки мочевого пузыря при ударах по брюшной стенке) и определение критических условий повреждения тканей.

Список использованных источников:

1. Масляков В.В., Салов И.А., Сидельников С.А., Урядов С.Е., Паршин А.В., Барсуков В.Г., Полиданов М.А., Пападопулос Х.Д., Петрич А.В. Оптимизация хирургического лечения огнестрельных ранений малого таза с повреждением внутренних половых органов у женщин // Политравма. – 2023. – № 4. – С.13-19.
2. Масляков В.В., Салов И.А., Сидельников С.А., Барачевский Ю.Е., Паршин А.В., Полиданов М.А. Характеристика видов первой помощи при ранениях малого таза у женщин, полученных в условиях локального военного конфликта // Неотложная медицинская помощь. Журнал им. Н.В. Склифосовского. – 2023. – Т. 12. – № 4. – С. 601-606.
3. Barulina M., Timkina T., Ivanov Y., Masliakov V., Polidanov M., Volkov K. Modeling the Stress-Strain State of a Filled Human Bladder // Applied Sciences. – 2024. – Vol. 14. – № 17. – 7562 p. <https://doi.org/10.3390/app14177562>.