

витка спирали и стенку цилиндра $F_1 = f_1 N_1$ и $F_2 = f_2 N_2$ и центробежная сила $R = m\omega^2 r$.

Условие равновесия материальной точки на винтовой линии в сопутствующей системе координат XYZ имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \sum x &= N_1 \cos \theta - G \sin \alpha = 0, \\ \sum y &= F_1 - F_2 + G \cos \alpha = 0, \\ \sum z &= N_2 - R = 0, \end{aligned} \quad (1)$$

где угол θ между нормальной реакцией поверхности спирали и осью X характеризует геометрические характеристики спирали, цилиндрического кожуха и размер частиц сыпучего материала в транспортёре и определяется по формуле:

$$\theta = \arcsin \left((r - r_2 + d/2 - r_1) / (r_1 + d/2) \right). \quad (2)$$

где r – внутренний радиус цилиндрического кожуха; r_1 – радиус частицы; r_2 – радиус спирали; d – диаметр проволоки.

Подставляя значения нормальных реакций во второе уравнение системы, получим:

$$f \frac{\sin \alpha}{\cos \theta} - f \frac{\omega^2 r}{g} + \cos \alpha = 0, \quad (3)$$

Здесь $\frac{\omega^2 r}{g} = \lambda$ является коэффициентом кинематичности винтового устройства и показывает отношение центростремительного ускорения к ускорению силы тяжести, характеризующее режим движения винтовой спирали. Тогда после преобразований получим:

$$\lambda \leq \frac{\sin \alpha}{\cos \theta} + \frac{\cos \alpha}{\operatorname{tg} \varphi}, \quad (4)$$

где φ – угол трения, а f – коэффициент трения материальной точки с поверхностью материала.

Выражение (4) показывает зависимость между основными конструктивными и технологическими параметрами винтового устройства и является условием движения материальной точки вниз.

Технические науки

ЭНДОПРОТЕЗ С НАНОРАЗМЕРНЫМ УГЛЕРОДНЫМ ПОКРЫТИЕМ ДЛЯ ПЛАСТИКИ ДЕФЕКТОВ БРЮШНОЙ СТЕНКИ

Парфенов И.П., Ярош А.Л., Солошенко А.В., Молчанова А.С.

Белгородский государственный университет,
Белгород, e-mail: alina@parfyumel.su

Применение различных способов пластики передней брюшной стенки с использованием синтетических материалов осуществило переворот в герниологии и стало «золотым стандартом» в лечении больных с вентральными грыжами. Ежегодно в мире производится около 1 миллиона имплантаций сетчатых протезов. В некоторых странах более 90% всех оперативных вмешательств по поводу грыж выполняются с использованием синтетических сетчатых протезов.

К сожалению, все созданные к сегодняшнему дню эндопротезы обладают как положительными, так и отрицательными характеристиками. До недавнего времени вопрос о том, что эндопротезы провоцируют неблагоприятные для исхода операции явления, не был в числе обсуждаемых. Однако в последнее время в литературе все чаще стали появляться сведения о том, что имплантация сетчатых полимерных протезов запускает каскад сложных гистопатологических процессов, являющихся ответной реакцией организма на внедрение инородного тела. После оптимизма первого опыта применения синтетических материалов наступило время серьезного изучения механизмов взаимодействия им-

плантатов с тканями организма и характера регенераторного процесса с одной стороны, и изучение «судьбы» (включая кинетику биодеградации и динамику прочностных свойств) имплантируемого материала – с другой.

Имплантированный материал и живой организм при контакте подвержены взаимовлиянию, как правило, негативного характера. Имплантация в организм чужеродного материала неизбежно вызывает клеточную реакцию, расцениваемую как «асептическое воспаление». Эта реакция является защитной функцией тканей и направлена на их регенерацию. Имплантат под воздействием организма, в свою очередь, также претерпевает различные изменения, причем биофизиологические факторы, влияющие на имплантируемый материал, весьма разнообразны.

Реакция организма на имплантат определяется, в основном, его поверхностными свойствами: химическим составом, структурой и морфологией. В связи с этим, существующие способы регулирования биологических свойств медицинских изделий направлены на изменение физико-химических свойств поверхности (химический состав, степень гидрофильности, заряд, морфология и др.) с использованием физических, химических и физико-химических методов модифицирования. Особый интерес представляют методы модифицирования, которые позволяют изменять физико-химические, структурные и функциональные свойства поверхности, не влияя на объёмные характеристики изделия, такие как прочность, эластичность, электрофизические параметры и т.д.

Интересным с этой точки зрения и наиболее перспективным нам представляется наноразмерное углеродное покрытие, разработанное в НИЛ «Ионно-плазменных технологий» (рук. – Колпаков А.Я.) Белгородского государственного университета. Предлагаемое углеродное покрытие имеет следующие характеристики: химическая инертность покрытия и его стойкость в кислотах, щелочах; отсутствие токсических реакций; отсутствие влияния на химический состав тканевой жидкости; возможность достижения сплошности покрытия при толщинах порядка десятка – сотен нм; температура формирования покрытия не выше 50 °С, что не приводит к деградации свойств полимерной основы; высокие адгезионные свойства к основе; отсутствие изменений рельефа поверхности после нанесения покрытия.

Нами были изготовлены экспериментальные образцы эндопротезов с тремя видами покрытия: наноразмерное алмазоподобное углеродное покрытие (импульсное вакуумно-дуговое распыление графитового катода, толщина покрытия $r \sim 70$ нм); наноразмерное алмазоподобное углеродное покрытие, легированное азотом (импульсное вакуумно-дуговое распыление графитового катода при напуске в вакуумную камеру азота, толщина покрытия $r \sim 70$ нм); наноразмерное алмазоподобное углеродное покрытие, легированное азотом, полученное при дополнительной ионизации (импульсное вакуумно-дуговое распыление графитового катода при напуске в вакуумную камеру азота при дополнительной ионизации аргоном, толщина покрытия $r \sim 70$ нм).

Изучение закономерностей формирования тканевой реакции и морфо-функциональных изменений мышечно-апоневротического слоя брюшной стенки при имплантации экспериментальных образцов в переднюю брюшную стенку было проведено на лабораторных животных. В опытах использованы лабораторные крысы линии Vistar, массой 180–200 г, прошедшие карантинный режим вивария и не имевшие внешних признаков

каких-либо заболеваний. Для получения статистически достоверных результатов группы формировали из 15–20 животных. Экспериментальные образцы (2×2 см) были помещены подкожно на мышечно-апоневротический слой передней брюшной стенки без дополнительного укрепления, для исключения влияния шовного материала на раневой процесс. Животных выводили из эксперимента на 3-е, 7-е, 21-е и 180-е сутки.

Изучение закономерностей формирования тканевой реакции, выраженность спаечного процесса и морфо-функциональных изменений со стороны внутренних органов при имплантации экспериментальных образцов в свободную брюшную полость также проводили на лабораторных животных. Экспериментальные образцы (2×2 см) были помещены на париетальную брюшину со стороны брюшной полости без дополнительного укрепления. Животных выводили из эксперимента на 3-е, 7-е, 21-е и 180-е сутки.

Результаты проведенных экспериментальных исследований по изучению закономерностей формирования ответной реакции тканей передней стенки живота и органов брюшной полости при имплантации синтетических полимерных эндопротезов с наноразмерным углеродным покрытием, в том числе легированным азотом и полученным при дополнительной ионизации, позволили нам обосновать возможность их клинического применения при различных видах пластики (внутрибрюшная, наапоневротическая, межмышечная и т.д.) в зависимости от вида и свойств нанесенного углеродного покрытия.

Таким образом, нами предложен эндопротез для пластики дефектов передней брюшной стенки с наноразмерным углеродным покрытием (Патент Российской Федерации на полезную модель № 98906), не оказывающий токсического действия, являющийся биосовместимым, что позволяет рекомендовать его для медико-биологических испытаний с целью использования в хирургической практике для различных видов пластики дефектов передней брюшной стенки.

Физико-математические науки

МЕТОД ФИКТИВНЫХ ОБЛАСТЕЙ ДЛЯ НЕЛИНЕЙНЫХ КРАЕВЫХ ЗАДАЧ ПАРАБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ

Куттыкожаева Ш.Н., Наурызбаева А.А.

Кокшетауский государственный университет
им. Ш. Уалиханова, Кокшетау,
e-mail: shaharzat@mail.ru

В данной работе изучается метод фиктивных областей одного класса нелинейных начально-краевых задач параболического уравнения. Цель состоит в получении не улучшаемой оценки скорости сходимости.

Итак, в области $\Omega \subset R^3$ с границей S рассмотрим начально-краевую задачу для параболического уравнения

$$\frac{\partial v}{\partial t} = \Delta v - v^3 + f, \quad (1)$$

$$v|_{t=0} = v_0(x), \quad (2)$$

$$v|_S = 0. \quad (3)$$