

Применимость пористых материалов в устройствах медицинского назначения

Б. Д. Перов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)
b.perov.d@gmail.com

Аннотация. В наши дни самые различные области жизни современного человека развиваются, появляется новое оборудование и новые способы использования накопленных знаний, вместе с этим образуются и новые потребности. Необходимость появления нового материала для изготовления биоактивных композитов биоселективных элементов, носителей катализаторов для использования в медицине на базе стекол, цеолитов, полимеров требует поисковых работ по их синтезу и исследованию различных свойств.

Ключевые слова: биоактивные композиты, пористое стекло, биоселективные элементы, керамика, носители катализаторов, медицина, импланты, костное эндопротезирование, регенерация

I. ВВЕДЕНИЕ

Со стремительным развитием технологий в области медицины врачи, исследователи и ученые могут решать самые сложные и важные задачи, такие как костное эндопротезирование, новые методы обработки гнойно-некротических инфицированных ран, имплантационные материалы для замещения и устранения дефектов в хирургии, проведение медицинских анализов с применением биосенсоров. Для этих целей лучше всего подойдет материал, на основе которого будут получены образцы в широком диапазоне пор от 4 до 500 нм, с возможностью формирования образцов различной формы (шарики, стержни, пластины, волокна) с прозрачностью в видимом диапазоне спектра, с термической, биологической и химической устойчивостью.

II. СПОСОБЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОРИСТЫХ СТЕКОЛ В МЕДИЦИНЕ

Пористые стекла (ПС) занимают особое значение в сфере биотехнологий и медицины из-за своих уникальных свойств, к которым относятся: «термическая, химическая и биологическая устойчивость, прозрачность в видимой области спектра в сочетании с регулируемыми структурными характеристиками и превосходными адсорбционными свойствами, обусловленные большим объемом пор с разветвленной поверхностью, способной к хемосорбции разнообразных веществ» [1].

Например, специалисты в области биотехнологических систем используют порошки стекла щелочноборосиликатного стекла CPG (Controlled Pore Glass – стекло с контролируемым размером пор), для газ-

проникающей хроматографии (в водных растворах) белков, вирусов, углеводов, компонентов нуклеиновых кислот; фракционирования (в органических растворителях) синтетических полимеров, а также в качестве инертных носителей для жидкостной распределительной хроматографии и носителей биоспецифических сорбентов для аффинной хроматографии [2].

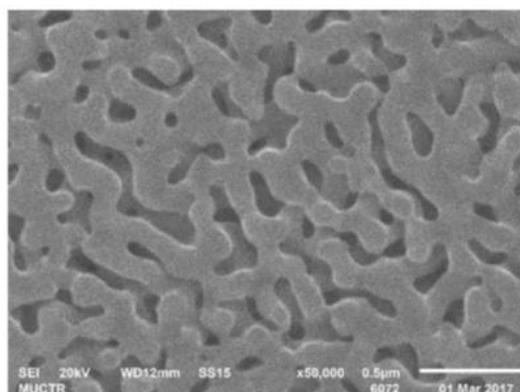


Рис. 1. Микрофотография ПС, полученная методом сканирующей электронной микроскопии, демонстрирующая структуру материала [3]

Перечисленные выше области применения ПС демонстрируют необходимость разработки новых высокоэффективных, функциональных материалов и изделий с разнообразным набором свойств, которые отвечают требованиям конкретной области медицины, которые первостепенны для современного медицинского материаловедения. ПС имеют широкое применение в хирургии, а новые изобретения, в основе которых лежит ПС, позволяют решать задачи хирургов новыми более простыми и удобными способами. К таким изобретениям можно отнести: устройство для измерения плотности поджелудочной железы, сорбционный контейнер.

III. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЗАМЕЩЕНИЯ КОСТНЫХ ТКАНЕЙ

Уже в древние времена в стоматологии использовали импланты – специальные устройства для устранения дефектов, деформаций костной ткани, обычно их изготавливали из слоновой кости, кораллов, костей человека и костей животных. Вопрос восстановления и замещения костной ткани не ограничивается стоматологией, и в наши дни остается актуальным лечение заболеваний костных тканей скелета, которые

связаны с воспалительными процессами, онкологией и патологической деградацией (остеопорозом).

Стандартный набор требований к современным материалам для костного эндопротезирования: значения модуля упругости, прочности (статической и усталостной) и трещиностойкости, близкие к таковым у кости, отсутствие токсичности, совместимость с окружающими тканями, высокая механическая прочность, устойчивость к коррозионно-активным средам, но на первое место выходят такие свойства, как структурное подобие замещаемому участку кости и способность вызвать стимуляцию регенерации новой кости. Создание поровых структур, параметры которых максимально близки к структуре естественной кости, состоящей из нескольких существенно отличающихся по количеству и размеру пор слоев, – актуальная задача, решение которой позволит создавать биоактивные костные эндопротезы и имплантаты нового поколения (рис. 2) [4–5].

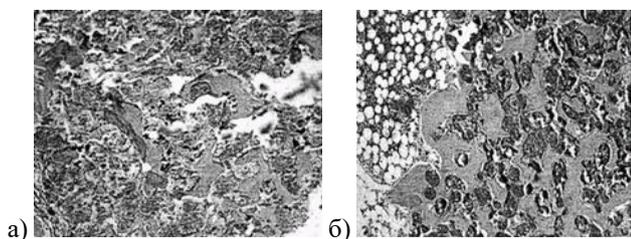


Рис. 2. Фотографии срезов материалов после их имплантации в костную ткань. а) 2 месяца, б) 8 месяцев [4]

IV. УСТРОЙСТВО С ОПТИЧЕСКИМ СЕНСОРНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ НА ОСНОВЕ ПОРИСТОГО СТЕКЛА ДЛЯ ИММУННОГО АНАЛИЗА

Иммунный анализ находит широкое применение в медицине, фармакологии, мониторинге окружающей среды, пищевой промышленности. Разработка биосенсорных систем для иммунного анализа на основе ПС является одним из перспективных направлений аналитического приборостроения (рис. 3) [6]. Использование пористых структур в качестве основы сенсорного элемента позволяет дополнительно повысить чувствительность за счет увеличения площади сенсорного слоя в малом объеме.

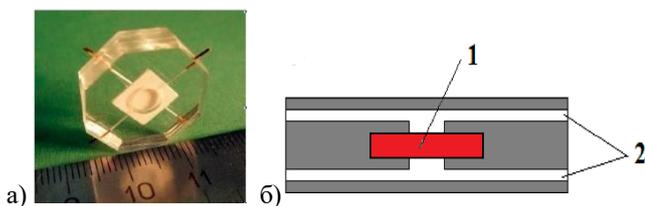


Рис. 3. Изображение прототипа микрофлюидного устройства (а) и его поперечное сечение (б) [6]

1 – сенсорный элемент, 2 – двухуровневая система подвода / отвода пробы и реагентов.

V. УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Фактор плотности железы является одним из основных доказанных критериев, которые влияют на развитие осложнений у пациентов в раннем послеоперационном периоде при хирургических вмешательствах на поджелудочной железе. Чем железа мягче, тем риск развития осложнений в виде панкреатической фистулы выше (рис. 4) [7].

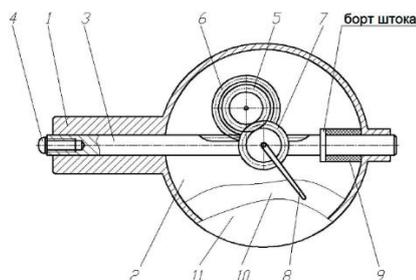


Рис. 4. Схема устройства: 1 – корпус, 2 – крышка, 3 – рейка, 4 – индентор, 5 – реечное зубчатое колесо, 6 – передаточное зубчатое колесо, 7 – трибка, 8 – стрелка, 9 – упругая вставка из резины, 10 – циферблат; 11 – защитное стекло [7]

Под действием силы упругости вставки 9 рейка 3 с индентором 4 выдвинута из корпуса устройства. Для определения твердости поджелудочной железы необходимо во время операции обеспечить плотный контакт опорной поверхности корпуса 1 с поверхностью поджелудочной железы. При этом индентор 4 входит внутрь корпуса 1, поступательно перемещая рейку 3. Реечное зубчатое колесо 5, находящееся в зацеплении с гребенкой рейки 3, поворачивается при перемещении рейки 3 и передает вращение на передаточное зубчатое колесо 6, которое вращает трибку 7, соединенную со стрелкой 8. Чем тверже поджелудочная железа, тем меньше индентор 4 углубляется в её паренхиму, сильнее отклоняясь от своего начального положения, тем больше будет угол, на который повернется трибка 7 и тем больше отклонится стрелка 8. В этом случае стрелка 8 укажет на деления зеленого цвета в правой части шкалы 10. В мягкую поджелудочную железу индентор 4 внедрится сильнее, а стрелка отклонится слабее и указывает на деления красного цвета, располагающиеся в левой части шкалы. Авторы этого изобретения предполагают, что предлагаемое устройство может быть изготовлено с использованием ПС и нержавеющей стали.

VI. СОРБЦИОННЫЙ КОНТЕЙНЕР

Изобретение относится к средствам обработки гнойно-некротических, инфицированных ран, преимущественно за счет физической сорбции микробов, органических и неорганических продуктов их жизнедеятельности, а также продуктов распада тканей на цеолите природного происхождения, и может быть использовано в хирургической практике при лечении ран, в том числе ожоговых, острых воспалительных заболеваний, гнойных послеоперационных осложнений, перитонитов (рис. 5) [8–9].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование пористых материалов не ограничивается приведенными примерами, тем не менее, они достаточно ярко демонстрируют широкий спектр их применения в медицине.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Антропова Т.В. Физико-химические процессы создания пористых стекол и высококремнеземных материалов на основе ликвидующих щелочноборосиликатных систем: Автореф. дис. ... д-ра хим. наук / СПб.: ИХС РАН, 2005. 45 с.
- [2] Haller W. Chromatography on Glass of Controlled Pore Size / Haller W. // Nature. 1965. Т. 206. № 4985. С.693–696.
- [3] Михайлов А.А., Пиянзина К.И., Шахгильдян Г.Ю. Новые возможности применения пористых стекол // Межвузовский международный конгресс «Высшая школа: научные исследования». 2020. Серия: 12, Том: 2, С. 156-164. DOI: 10.34660/INF.2020.11.30.023
- [4] Бучилин Н.В. Пористые кальцийфосфатные стеклокристаллические материалы для костного эндопротезирования: дис. ... канд. техн. наук / Москва. Российский химико-технологический университет им. ДИ Менделеева, 2010.
- [5] Пат. РФ 2689782С1 / Нащекина Ю.А., Беляев С.Г., Никонов П.О. Способ получения двухслойной барьерной мембраны для направленной костной регенерации. Оpubл. 2019.
- [6] Lin C.-C., Wang J.-H., Wu H.-W., Lee G.-B. Microfluidic immunoassays // JALA. 2010. Vol. 15, nu. 3. P. 253–274.
- [7] Каприн А.Д. и др. Устройство для измерения плотности поджелудочной железы
- [8] Пат. РФ № 108965 / Голохваст К.С. и др. Сорбционный контейнер. https://i.moscow/patents/ru108965u1_20111010#.– 2012.

Сорбционные контейнеры прикладывают на раневую поверхность любой из своих плоских сторон, или вставляют (укладывают) непосредственно в брюшину (например, при лечении разлитого перитонита или панкреонекроза). При этом точечные швы 5 обеспечивают равномерность распределения сорбента в полости контейнера. Через 16–24 часа, во время перевязки, контейнер меняют на новый. На курс лечения требуется 3–6 перевязок. Установлено выраженное адсорбционное, дезодорирующее, биостимулирующее действие цеолита в контейнерах на ткани. Грануляционная ткань появлялась в среднем на сутки раньше, чем в группе клинического сравнения, что позволяло наложить ранние вторичные швы и добиться лучшего косметического эффекта. Имеется опыт лечения больных с гнойными ранами различной локализации, в сравнении с группой клинического сравнения, сроки лечения в опытной группе достоверно меньше. При этом обеспечивалось надежное удержание сорбента в полости сорбционного контейнера [8–9].

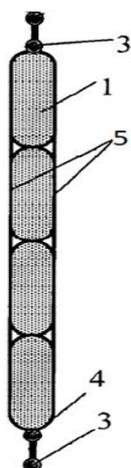


Рис. 5. Схематический разрез сорбционного контейнера

Оболочка 1, в полости которой размещена тонкоизмельченная сорбирующая смесь цеолита 2, торцевые швы 3 и 4, точечные швы 5 [8].