

МОДИФИЦИРОВАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ПРОТЕЗИРОВАНИЯ ЦЕПИ СЛУХОВЫХ КОСТОЧЕК

В.А. Новоселецкий¹, В.Г. Сорокин², В.А. Струк², О.Г. Хоров¹

¹Гродненский государственный медицинский университет;

²Гродненский государственный университет им. Я. Купалы

Основополагающие принципы оссикулопластики были разработаны еще во второй половине прошлого столетия [4, 10], однако, до настоящего времени применяемые решения при восстановлении дефектов оссикулярной системы среднего уха далеки от оптимальных. Требуется совершенствования методика выбора конструктивного исполнения протеза цепи слуховых косточек вследствие большого их многообразия [2, 3, 9]. Не существует обоснованных подходов к выбору материала для проведения реконструктивно-восстановительного вмешательства на среднем ухе [8].

Цель работы — разработка методологических подходов к выбору материалов для изготовления протезов, используемых для тимпано- и стапедопластики, обеспечивающих эффективность их применения в лечебном процессе и технологичность изготовления.

Материал и методы. Основные исследования проводили с образцами политетрафторэтилена (ПТФЭ) и сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ), а также пленочные материалы, которые нашли широкое применение для изготовления различных изделий медицинского назначения, в том числе и ЛОР-патологии — термопластичные полимеры класса полиамидов (ПА6), полиолефинов (ПЭНД, ПЭВД, ПП), полиацеталей (СФД, ПОМ), полиэфира (ПЭТФ). Для модифицирования термопластичной матрицы использовали метод термомеханического совмещения компонентов в расплаве, позволяющий осуществлять формирование композитов с заданной морфологией.

Формирование заданной морфологии поверхностного слоя полимерных и композиционных образцов осуществляли воздействием расфокусированного пучка лазерного излучения с использованием твердотельного гранатового лазера «Квант-15» и ГОР-100N, генерирующих излучение с длиной волны $\lambda_0=1,06$ мкм, $\lambda_0=0,69342$ мкм с длительностью импульса $1,2-2,01 \times 10^{-6}$ с [5].

Анализ особенностей структуры и морфологии образцов осуществляли с применением метода растровой электронной микроскопии (РЭМ) с применением микроскопа Jeol-50A и метода атомной силовой микроскопии (АСМ) на установке Nanotop-III. Энергетические параметры компонентов и композиционных материалов оценивали методом спектроскопии термостимулированных токов (ТСТ) с использованием установки ST-1 (ОДО «Микротестмашины», Гомель, РБ). Для исследования бактерицидных эффектов использовали стандартные музейные штаммы грамположительных и грамотрицательных микроорганизмов: *B. subtilis* ATCC 6633, *S. aureus* ATCC 25923, *E. coli* ATCC 25922, *K. pneumoniae* ATCC PCM 64/ATCC 13882, а также дрожжевые грибы *C. albicans* ATCC 10231.

Результаты и их обсуждение. Для изготовления протезов различного конструктивного исполнения из данных материалов используют специальные методы, позволяющие получать элементы с заданными геометрическими параметрами. Важнейшим фактором, обеспечивающим высокую эффективность применения полимерных продуктов в оссиклопластике, является обеспечение морфологии поверхностного слоя, близкой к морфологии естественного элемента звукопроводящей системы уха.

Анализ особенностей поверхностного слоя натуральной слуховой косточки, осуществленный методом АСМ, свидетельствует о морфологии, характеризующейся сочетанием глобулярных неровностей с латеральным размером 1,0–2 мм, высотой от 20 до 76 нм, параметрами $R_a \approx 155$ нм и $R_q \approx 184$ нм (рисунок 1).

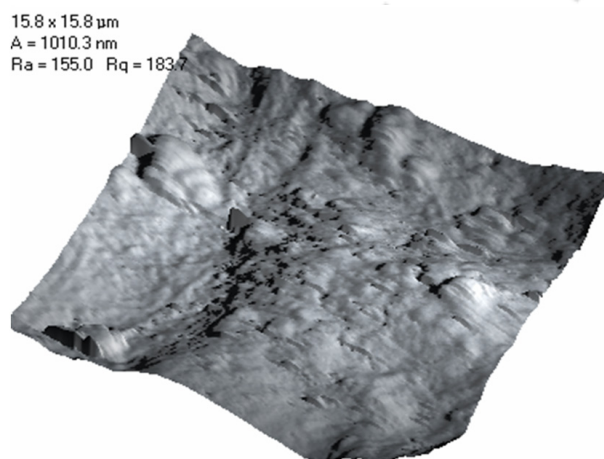


Рисунок 1 — Характерная морфология поверхностного слоя натуральной слуховой косточки

Очевидно, что для обеспечения протезам из полимерного или композиционного материала наиболее эффективного лечебного эффекта целесообразно формирование морфологии его поверхностного слоя наиболее близкой к морфологии естественных слуховых косточек.

С учетом различных аспектов модифицирующего действия для обработки поверхностного слоя полимерных эндопротезов было выбрано лазерное излучение, которое обладает комплексным влиянием на различные структурные параметры высокомолекулярных соединений [5, 6].

Анализ особенностей морфологии поверхностного слоя образцов, проведенный методом АСМ, свидетельствует о характерных изменениях, проявляющихся в образовании глобулярных микронеровностей у пленок, подвергнутых воздействию лазера (рисунок 2).

Образующаяся после обработки лазерным излучением морфология поверхностного слоя близка по характеру к морфологии поверхностного слоя натуральной слуховой косточки и позволяет приблизить параметры функциональных полимерных протезов к параметрам естественных элементов слуховой цепи. Исследования методами термостимулированной деполяризации модифицированных образцов по критерию величины термостимулированных токов (ТСТ) свидетельствуют о существенном изменении энергетического состояния образцов из различных полимерных материалов обработанных лазерным облучением различной энергии. Это свидетельствует об общности механизмов трансформирования структуры и энергетического состояния образцов из полимерных материалов, отличающихся химическим строением макромолекулы и надмолекулярной структурой, и перспективности практического применения метода лазерного модифицирования изделий из полимерных и композиционных материалов.

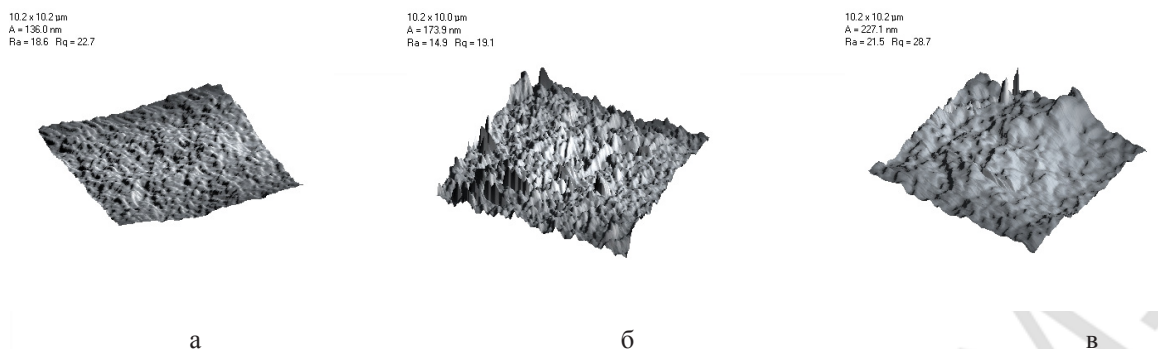


Рисунок 2 — Характерная морфология поверхности пленочного образца из полиэтилена высокого давления (ПЭВД) исходная (а) и после однократного воздействия лазерного излучения энергией 6 Дж (б) и 2 Дж (в)

Образующаяся после обработки лазерным излучением морфология поверхностного слоя близка по характеру к морфологии поверхностного слоя натуральной слуховой косточки и позволяет приблизить параметры функциональных полимерных протезов к параметрам естественных элементов слуховой цепи. Исследования методами термостимулированной деполяризации модифицированных образцов по критерию величины термостимулированных токов (ТСТ) свидетельствуют о существенном изменении энергетического состояния образцов из различных полимерных материалов обработанных лазерным облучением различной энергии. Это свидетельствует об общности механизмов трансформирования структуры и энергетического состояния образцов из полимерных материалов, отличающихся химическим строением макромолекулы и надмолекулярной структурой, и перспективности практического применения метода лазерного модифицирования изделий из полимерных и композиционных материалов.

Из литературных источников [1] известно, что энергетическое состояние конденсированных сред оказывает существенное влияние на процессы жизнедеятельности микроорганизмов различного типа. Оценочные эксперименты по влиянию лазерного облучения на кинетику роста грамположительных и грамотрицательных микроорганизмов: *B. subtilis* ATCC 6633, *S. aureus* ATCC 25923, *E. coli* ATCC 25922, *K. pneumoniae* ATCC PCM 64/ATCC 13882 показали возможность регулирования этого процесса вследствие изменения энергетического состояния поверхностного слоя полимерных изделий. Учитывая, что формирующееся под действием лазерного излучения электретное состояние характеризуется большим временем релаксации, возможно практическое применение этого вида модифицирования в технологии изготовления полимерных изделий различного назначения, в том числе и используемых в лечебной практике.

Предложенные направления управления энергетическими параметрами полимерных материалов, используемых для изготовления протезов цепи слуховых косточек являются эффективными. Разработанная технология формирования оптимальной морфологии поверхностных слоев изделий из полимерных материалов путем воздействия лазерного излучения эффективно изменяет энергетическое состояние обработанного протеза цепи слуховых косточек, что подчеркивается влиянием на кинетику роста микроорганизмов.

MODIFICATION OF POLYMERIC MATERIALS USED FOR PROSTHETIC REPAIR OF THE OSSICULAR CHAIN

V.A. Novasialetski, V.G. Sorokin, V.A. Struk, O.G. Khorov

This article presents principles of structure formation of polymer composite materials based on thermoplastic materials for the manufacture of ossicular chain prosthesis. It is shown that the laser processing to generate the optimal surface morphology of polymer prosthesis for ossiculoplasty.

Keywords: ossiculoplasty, ossicular chain prosthesis, polymer composite, morphology, laser effect.

Field of application: otorhinolaryngology.

Литература

1. Пинчук, Л.С. Электретные материалы в машиностроении / Л.С. Пинчук, В.А. Гольдаде. — Гомель: ИММС НАН Беларуси, 1998. — 288 с.
2. Плужников, М.С. Современное состояние проблемы хирургической реабилитации больных с хроническими воспалительными заболеваниями среднего уха / М.С. Плужников, В.В. Дискаленко, Л.М. Курмашова // Вестн. оториноларингологии. — 2006. — № 5. — С. 31–34.

3. Плужников, М.С. Современные взгляды на хирургическую тактику при лечении лиц с хроническими гнойными заболеваниями уха / М.С. Плужников, В.В. Дискаленко // VIII съезд оториноларингологов Украины: тез.докл. — Киев, 1995. — С. 271–272.
4. Преображенский, Ю.Б. Тимпаноластика / Ю.Б. Преображенский. — М.: Медицина, 1973. — 263 с.
5. Сорокин, В.Г. Влияние лазерного излучения на структурные параметры полимерных материалов / В.Г.Сорокин, Е.И. Эйсымонт // Вестн. ГрГУ. Сер. 2. — 2009. — № 2 (82). — С. 109–116.
6. Изменения надмолекулярной структуры полимеров под действием лазерного излучения / Н.И. Тишков [и др.] // Материалы. Технологии. Инструменты. — 2004. — № 9. — С. 68–72.
7. Хоров, О.Г. Изучение амплитудно-частотной характеристики стремени при моделировании операций в препарате височной кости / О.Г. Хоров // Folia otorinolaringologia. — 1999. — Vol. 25, № 3–4. — P. 88–94.
8. Хоров, О.Г. Лечение деструктивных форм хронических гнойных отитов: дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.04 / О.Г. Хоров. — Гродно, 2001. — 269 с.
9. Хоров, О.Г. Хирургическое лечение больных деструктивными средними отитами / О.Г. Хоров, В.Д. Меланьин. — Гродно, 2001. — 150 с.
10. Weerda, H. History of auricular reconstruction / H. Weerda // Adv. Otorhinolaryngol. — 2010. — № 68. — P. 1–24.