

**Департамент образования города Москвы  
Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение города  
Москвы «Школа №1505 «Преображенская»**

**Биорезорбируемые материалы для челюстно-лицевой хирургии**

реферат

**ВЫПОЛНИЛА**  
ученица 9Г класса  
Ульянова Елизавета Алексеевна  
**НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ**  
Сенатов Ф. С.

Москва, 2023 г.

# СОДЕРЖАНИЕ

## ВВЕДЕНИЕ

1. Биорезорбируемые материалы. Определение и область применения
2. Полимерные материалы на основе полимолочной и полигликолевой кислот.
  - 2.1 Полилактид (PLA)
  - 2.2 Полигликолид (PGA)
  - 2.3 Комбинированные полимеры
3. Кальций-фосфатные цементы.
4. Костные клеи.
5. Коллаген.
  - 5.1 Коллагеновая губка (ACS)
  - 5.2 Коллагеновый гель (Zyderm, Zyplast)
  - 5.3 Коллагеновая мембрана (Bio-Gide)
  - 5.4 Коллагеновый гидрогель (Matriderm)
6. Гидроксиапатит.
7. Биоактивное стекло.
8. Хитозан.

## ВЫВОДЫ

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

## ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных требований, предъявляемых к материалам в челюстно-лицевой хирургии, является биосовместимость, т.е. толерантность к жизненным или биомолекулярным функциям организма. Биосовместимыми называют такие материалы, которые обладают способностью функционировать при соответствующей реакции организма хозяина в конкретном случае применения, не вызывая сильного воспаления или некроза окружающих материал тканей. К биосовместимым материалам относятся инертные, биоактивные и биорезорбируемые. Биорезорбируемые материалы по мере растворения замещаются тканью организма хозяина.

Существует проблема создания и подбора биорезорбируемых материалов.

Актуальность: множество различных типов биорезорбируемых материалов, широта их применения.

Цель: создание обзора на разные типы биорезорбируемых материалов, создание сводной таблицы.

Задачи: изучить информацию по литературным источникам и описать следующие вопросы:

1. Что такое биорезорбируемые материалы и где они применяются?
2. Какие существуют типы биорезорбируемых материалов? (Общий обзор)
3. Сводная таблица по описанным материалам.

## 1 Биорезорбируемые материалы. Определение и область применения.

Биорезорбируемые материалы - это материалы, которые могут быть разложены и утилизированы организмом без вреда для здоровья. Они широко используются в медицине, в том числе и в челюстно-лицевой хирургии, для создания временных опорных структур для тканей и органов, которые позволяют им восстановиться и замениться новыми клетками. Биорезорбируемые пластины и винтовые системы обычно используются для различных остеосинтетических операций. Использование биологически резорбируемой системы остеофиксации может устранить ограничения, связанные с пальпируемостью, мутагенными эффектами и помехами для визуализации, но остаются проблемы, такие как снижение механической прочности и стабильности и медленная биодеградация. Благодаря использованию биоактивных/резорбируемых материалов и ускорителей биорезорбции были достигнуты основные успехи в биорезорбируемых системах пластин. [1]

## 2. Полимерные материалы.

2.1 Одним из наиболее популярных биорезорбируемых материалов является полимерный материал полилактид (PLA), разработанный на основе полимолочной кислоты. Используется в качестве костной пластины. Полилактид разлагается в организме на молекулы молочной кислоты, которые затем выводятся из организма через мочу. Он хорошо совместим с тканями организма и не вызывает аллергических реакций. Однако он может рассасываться довольно медленно и имеет низкую прочность.

2.2 Еще одним материалом является полигликолид (PGA), разработанный на основе полигликолевой кислоты. Он также, как PLA, разлагается на молекулы, выводимые через мочу. Этот материал часто используется в качестве материала для швов. Он быстро рассасывается и не оставляет остатков. У него есть недостаток - он имеет высокую жесткость и может вызвать раздражение тканей.

2.3 Комбинированные полимеры - это материалы, которые состоят из различных биорезорбируемых полимеров. Используют сополимеры полилактида и полигликолида (PLGA и PLDLA). Эти материалы могут

фиксировать остеотомии и переломы черепно-лицевого скелета. Хотя между полимерами есть некоторые различия, их биосовместимость хорошая. Они постепенно теряют свою силу, позволяя лежащей под ними кости воспринимать нагрузку. Также эти материалы используются для создания имплантатов, которые заменяют отсутствующие зубы или кости. [2,3,4]

### 3. Кальций-фосфатные цементы.

Исследования кальций-фосфатного цемента (CPC) проводятся уже более 20 лет. Кальций-фосфатные цементы - это материалы, которые быстро затвердевают в твердую массу, обладают высокой биосовместимостью и постепенно замещаются новой костью *in vivo*. Кальций-фосфатные цементы можно разделить на две категории: цементы, состоящие только из соединений фосфата кальция или соединений, содержащих кальций и фосфат, с использованием воды или раствора, содержащего кальций или фосфат, и цементы, которые состоят из твердых компонентов того же типа, что и выше, но используют органическую кислоту в качестве жидкости. В последнем случае цементная жидкость представляет собой водный раствор полимеров, и затвердевание происходит в результате образования продукта фосфата кальция и/или комплексообразования кальция и раствора полимера. У кальций-фосфатных цементов есть недостаток - они сильно уступают механическим свойствам костной ткани, из-за чего не могут быть заменителями кости.

Итак, кальций-фосфатные цементы широко используются в челюстно-лицевой хирургии для решения различных проблем. Ниже перечислены некоторые из наиболее распространенных видов кальций-фосфатных цементов, которые используются в данной области:

- Фосфолайт - кальций-фосфатный цемент, который используется для восстановления костной ткани. Имеет высокую прочность и быстро рассасывается, содержит гидроксиапатит и бета-трикальцийфосфат, которые обычно присутствуют в костной ткани.
- Брушитовый цемент - это инъектируемый материал, используемый для восстановления дефектов костной ткани. Он состоит из гидроксиапатита и трикальцийфосфата, которые являются основными компонентами кости. Основным преимуществом брушитового цемента является его

способность стимулировать рост новой костной ткани, что помогает восстановить поврежденные области. Он также имеет высокую биосовместимость, что означает, что он не вызывает отторжения или других негативных реакций со стороны организма. Однако, минусом брүшитового цемента является его высокая стоимость и сложность процесса его производства. Кроме того, он может быть менее прочным, чем другие материалы, используемые для восстановления костей. В целом, брүшитовый цемент является эффективным материалом для восстановления дефектов костной ткани.

- Кальциево-магниевый фосфатный цемент (СМРС) с быстрым схватыванием был разработан путем введения магниезально-фосфатного цемента (МРС) в кальций-фосфатный цемент (СРС). Кальций-магниевый фосфатный цемент продемонстрировал хорошую инъекционную способность. Он имеет относительно высокую начальную механическую прочность. Скорость разложения СМРС происходила значительно быстрее, чем у чистого СРС в растворе, имитирующем жидкость организма (SBF). Используется для реконструкции костей и пластики костных дефектов. Из недостатков - токсичность при неправильном использовании. [5,6,7,8]

#### 4. Костные клеи.

Использование биорезорбируемых костных клеев может привести к революции в лечении скелетной системы человека. Они могут использоваться для фиксации и остеоинтеграции имплантатов, а также для прямого заживления и сращивания костей без постоянных фиксирующих устройств. После выполнения своей функции клей разлагается до нетоксичных продуктов и резорбируется при контакте с живой тканью. В последнее время интерес к использованию таких клеев в медицине, в том числе и в челюстно-лицевой хирургии, растет. [9,10]

#### 5. Коллаген.

Коллаген - основной структурный белок соединительной ткани. Коллагеновые материалы являются предметом интереса из-за своей биосовместимости с тканями организма, возможности биodeградации без токсичности, канцерогенности или иммуногенности, а также возможности обладать

прочностью, эластичностью, способностью формировать различные структуры и др., использоваться для адгезии и культивирования клеток *in vitro*. В медицине основное применение коллагена - это биоматериал для временного покрытия или имплантации мягких тканей. Ниже перечислены некоторые виды коллагеновых материалов, которые используются в различных областях челюстно-лицевой хирургии:

5.1 Коллагеновая губка (ACS) Используется для улучшения заживления ран и обработки поверхности раны. Основные преимущества ACS – это его биосовместимость и хорошая способность к образованию новой ткани. Однако, он не подходит для использования в крупных объемах, так как может вызвать реакцию иммунной системы организма.

5.2 Коллагеновый гель (Zyderm, Zyplast) - материал, который используется для восстановления объема мягких тканей в области лица. Основные преимущества коллагенового геля – это его хорошая биосовместимость, способность к образованию новой ткани и длительный эффект. Также, как и коллагеновая губка, он не подходит для использования в крупных объемах, так как может вызвать реакцию иммунной системы организма.

5.3 Коллагеновая мембрана (Bio-Gide). Используется для замещения костной ткани в области челюстей. Основные преимущества коллагеновой мембраны – это биосовместимость, способность к образованию новой ткани и отсутствие реакции иммунной системы организма. Однако, она может не подойти для использования в крупных объемах, так как может привести к образованию рубца.

5.4 Коллагеновый гидрогель (Matriderm). Этот материал используется для восстановления объема мягких тканей в области лица и замещения костной ткани в области челюстей. Основные преимущества коллагенового гидрогеля – это его биосовместимость, способность к образованию новой ткани и длительный эффект. Однако, он может не подойти для использования в крупных объемах, так как может привести к образованию рубца.

Вышеописанные коллагеновые материалы изготавливаются из природного коллагена животного происхождения. [11,12,13,14,15]

## 6. Гидроксиапатит.

Гидроксиапатит является основным компонентом минерала кости, представляющим собой соединение кальция и фосфата. Однако гидроксиапатит и кальций-фосфатные цементы могут быть классифицированы как разные материалы в челюстно-лицевой хирургии, поскольку они имеют различные свойства и применяются в разных ситуациях. Гидроксиапатит имеет высокую биосовместимость с тканями организма. Область применения гидроксиапатита в челюстно-лицевой хирургии – это восстановление объема костной ткани при разрушении костного материала после удаления зубов или травмы. Он также может использоваться для коррекции дефектов челюстей. Основные преимущества гидроксиапатита – это его биосовместимость, способность к образованию новой костной ткани, отсутствие риска отторжения и возможность интеграции с окружающей костной тканью. Он также не вызывает иммунных реакций организма. Однако, гидроксиапатит имеет несколько недостатков. Он может не подходить для использования в крупных объемах, так как может привести к образованию рубца, а также его прочность ниже, чем у других материалов. [16]

## 7. Биоактивное стекло.

Биоактивное стекло (биостекло) состоит из силикатных и фосфатных соединений, которые имеют высокую биосовместимость с тканями организма. Область применения биостекла в челюстно-лицевой хирургии – это восстановление объема костной ткани при резорбции костного материала после удаления зубов или травмы. Он также может использоваться для коррекции дефектов челюстей и заполнения пустот. Основные преимущества биостекла – это его биосовместимость, способность к образованию новой костной ткани, отсутствие риска отторжения и возможность интеграции с окружающей костной тканью. Он также не вызывает иммунных реакций организма и имеет высокую прочность. Недостатки биостекла включают его медленную скорость резорбции и возможность образования кист, а также из него трудно изготовить скаффолды для регенерации кости, так как оно кристаллизуется при спекании. [17]

## 8. Хитозан.

Хитозан - это полисахарид, который является биоразлагаемым и биосовместимым. Он широко используется в медицине благодаря своей универсальности и доступности. Недавние исследования показали, что хитозан и его производные могут быть использованы в материалах для зубных клеев, барьерных мембран, заменителей костей, регенерации тканей и как противомикробные агенты. Чтобы улучшить характеристики природных полимеров, их часто комбинируют с другими материалами, такими как другие полимеры (натуральные или синтетические) или биокерамика, для формирования биоконструкций. Чтобы преодолеть плохие механические свойства хитозана, его смешивают с различными синтетическими полимерами, такими как полиметилметакрилат или полилактид. [7, 18]

## ВЫВОДЫ

Материал	Область применения	Преимущества	Недостатки
Полилактид	Восстановление костной ткани	Хорошая совместимость с тканями организма, не вызывает аллергических реакций	Низкая прочность, медленно резорбируется
Полигликолид	Материал для швов	Хорошая совместимость с тканями организма, быстро резорбируется	Высокая жёсткость, возможно раздражение тканей
Комбинированны	Восстановление	Зависит от	Сложность

е полимеры	костной ткани, замещение мягких тканей	состава (лучшие характеристики от монополимеров)	создания
Кальций-фосфатные цементы	Восстановление костной ткани	Высокая совместимость с тканями организма, есть возможность контроля скорости застывания	Возможно раздражение окружающих тканей, у некоторых цементов низкая прочность
Костные клеи	Фиксация имплантов	Быстрое заживление костей, простота использования, возможность точного дозирования и контроля скорости затвердевания, минимальный риск инфекции.	Ограниченная прочность, возможно раздражение окружающих тканей
Коллагеновая губка	Заживление ран	Высокая совместимость с тканями организма, хорошая способность к образованию новой ткани	Может вызвать реакцию иммунной системы
Коллагеновый гель	Восстановление объема мягких	Высокая совместимость с	Может вызвать реакцию иммунной

	тканей	тканями организма, хорошая способность к образованию новой ткани, длительный эффект	системы
Коллагеновая мембрана	Восстановление костной ткани	Высокая совместимость с тканями организма, хорошая способность к образованию новой ткани, отсутствие реакции	Может привести к образованию рубца
Коллагеновый гидрогель	Восстановление объема мягких тканей	Высокая совместимость с тканями организма, хорошая способность к образованию новой ткани, длительный эффект	Может привести к образованию рубца
Гидроксиапатит	Восстановление костной ткани	Высокая совместимость с тканями организма, хорошая способность к образованию	Может привести к образованию рубца

		новой ткани, отсутствие риска отторжения, интеграция с окружающей костной тканью	
Биоактивное стекло	Восстановление костной ткани	Высокая совместимость с тканями организма, хорошая способность к образованию новой ткани, отсутствие риска отторжения, интеграция с окружающей костной тканью	Медленно резорбируется, возможно образование кист, кристаллизуется при спекании(трудно создать скаффолды)
Хитозан	Восстановление костной ткани	Высокая совместимость с тканями организма, антимикробные свойства, возможность контроля скорости резорбции, способность стимулировать рост новой ткани	Ограниченная прочность, может вызвать аллергическую реакцию

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе данной работы при помощи литературных источников были изучены некоторые виды биорезорбируемых материалов, рассмотрена их специфика, положительные и отрицательные характеристики.

В заключение хочу поблагодарить Сенатова Ф.С. за руководство работой, Ноздрачеву А.Н. за консультирование работы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Takahiro Kanno, Shintaro Sukegawa, Yoshihiko Furuki, Yoshiki Nariai, Joji Sekine. Overview of innovative advances in bioresorbable plate systems for oral and maxillofacial surgery // Pubmed - Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30128060/>
2. Kaoru Aoki, Naoto Saito. Biodegradable Polymers as Drug Delivery Systems for Bone Regeneration //Pubmed - Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7076380/>
3. Robert J. Kroeze, Marco N. Helder, Leon E. Govaert, Theo H. Smit. Biodegradable Polymers in Bone Tissue Engineering //Pubmed - Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5445745/>
4. R. Suuronen, P.E.Haers, C. Lindqvist, H.F. Sailer. Update on bioresorbable plates in maxillofacial surgery // Pubmed - Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11816099/>
5. Fuqiang Guo, Bogang Li. Recent developments of researches on calcium phosphate cements // Pubmed - Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19334587/>
6. Fan Wu, Jiacan Su, Jie Wei, Han Guo, Changsheng Liu. Injectable bioactive calcium-magnesium phosphate cement for bone regeneration // Pubmed - Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19029607/>
7. Ahmed G. Abdelaziz, Hassan Nageh, Sara M. Abdo, Mohga S. Abdalla, Asmaa A. Amer, Abdalla Abdal-hay, Ahmed Barhoum. A Review of 3D Polymeric Scaffolds for Bone Tissue Engineering: Principles, Fabrication Techniques, Immunomodulatory Roles, and Challenges // MDPI - Режим доступа: <https://www.mdpi.com/2306-5354/10/2/204>
8. Лукина Ю.С. Инжектируемый брyшитовый цемент для восстановления дефектов костной ткани // Киберленинка - Режим доступа:

- <https://cyberleninka.ru/article/n/inzhektiruemyy-brushitovyy-tsement-dlya-vo stanovleniya-defektov-kostnoy-tkani>
9. Alina Kirillova, Cambre Kelly, Natalia von Windheim, Ken Gall. Bioinspired Mineral-Organic Bioresorbable Bone Adhesive // Pubmed - Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29938916/>
  10. C. Heiss, R. Schnettler. Bioresorbable bone adhesives. Historical perspective and current status // Pubmed - Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15875152/>
  11. Файзуллин А.Л., Шехтер А.Б., Истранов Л.П., Истранова Е.В., Руденко Т.Г., Гуллер А.Е., Абоянц Р.К., Тимашев П.С., Бутнару Д.В. Биорезорбируемые коллагеновые материалы в хирургии: 50 лет успеха // Киберленинка - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/biorezorbiruemye-kollagenovye-materialy-v-hirurgii-50-let-uspeha>
  12. Yasumasa Ozawa, Tatsuya Kubota, Takanobu Yamamoto, Naoya Tsukune, Ryosuke Koshi, Tetsuya Nishida, Masatake Asano, Shuichi Sato. Comparison of the bone augmentation ability of absorbable collagen sponge with that of hydroxyapatite/collagen composite // Pubmed - Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30369559/>
  13. C.W.Hanke, H. R. Higley, D. M. Jolivet, N. A. Swanson, S. J. Stegman. Abscess formation and local necrosis after treatment with Zyderm or Zyplast collagen implant // Pubmed - Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1918471/>
  14. Genying Zhuang, Jianshui Mao, Guoli Yang, Huiming Wang. Influence of different incision designs on bone increment of guided bone regeneration (Bio-Gide collagen membrane +Bio-OSS bone powder) during the same period of maxillary anterior tooth implantation // Pubmed - Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34057023/>
  15. Giovanni Dell'Aversana Orabona, Francesco Maffia, Giovanni Audino, Vincenzo Abbate, Cristiana Germano, Paola Bonavolontà, Antonio Romano, Riccardo Villari, Mauro Mormile, Luigi Califano. The Use of Matriderm® for Scalp Full-Thickness Defects Reconstruction: A Case Series // Pubmed - Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36294362/>

16. J. W. Frame, C. L. Brady. The versatility of hydroxyapatite blocks in maxillofacial surgery // Pubmed - Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2825758/>
17. Julian R Jones. Review of bioactive glass: from Hench to hybrids // Pubmed - Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22922331/>
18. Chenxi Zhang, Didi Hui, Colin Du, Huan Sun, Wei Peng, Xiaobing Pu, Zhengyong Li, Jianxun Sun, Changchun Zhou. Preparation and application of chitosan biomaterials in dentistry // Pubmed - Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33202273/>

