

## МЕХАНИЗМ ПРОТИВОМИКРОБНОГО ДЕЙСТВИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СОРБЕНТА «ЦЕЛОФОРМ»

Нестеров О.В.<sup>1</sup>, Ксембаев С.С.<sup>2</sup>, Нестерова Е.Е.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ГБОУ ДПО Казанская государственная медицинская академия МЗ РФ, 420012 г. Казань, ул. Бутлерова, д.36, e-mail: irinaexl@mail.ru;

<sup>2</sup>Казанский Государственный медицинский университет, 420012 г. Казань, ул. Бутлерова, д.49, e-mail: ksembaev@rambler.ru, sacura7@live.ru

---

Определялась скорость линейной диффузии, оценивалась сорбционная способность, измерялось парциальное давление в ране. Влияние «Целоформа» на диффузные процессы в ране оценивалось путём измерения скорости линейной диффузии, её определяли по движению красителя метиленового синего. Оценивалось нанесение «Целоформа» на раневую поверхность в условиях динамической сорбции, изучалась сорбционная способность его. Установленное в ходе исследований существенное падение уровня парциального давления кислорода на покрытой сорбентом «Целоформ» раневой поверхности, приводящее к резкому замедлению процессов массообмена и, следовательно, практически полному прекращению обмена веществ у патогенных микроорганизмов, лежат в основе механизма противомикробного действия «Целоформа».

---

Ключевые слова: сорбент «Целоформ», парциальное давление кислорода, механизм противомикробного действия.

## MECHANISM OF ANTIMICROBIAL ACTION OF VEGETATIVE SORBENT «CELOFORM»

Ksembaev S.S.<sup>1</sup>, Nesterov O.V.<sup>2</sup>, Nesterova E .E.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kazan State Medical University, 49 Butlerova St., 420012, e-mail: irinaexl@mail.ru;

<sup>2</sup>Kazan State Medical Academy, 36 Butlerova St., 420012, e-mail: ksembaev@rambler.ru, sacura7@live.ru

---

Speed of linear diffusion was determined, sorption ability was estimated, partial pressure was measured in a wound. Influence of «Celoform» on diffuse processes in a wound was estimated by measuring of speed of linear diffusion, it was determined on motion of dye methylene blue. Causing of «Celoform» was estimated on wound surface in the conditions of dynamic persorption, sorption ability was studied it. Installed in studies substantial drop in oxygen partial pressure on the coated sorbent «Celoform» wound surface, resulting in sharp deceleration and mass transfer processes, therefore, virtually complete cessation of metabolic pathogens demonstrate the mechanism of antimicrobial action. Installed in studies substantial drop in oxygen partial pressure on the coated sorbent «Celoform» wound surface, resulting in sharp deceleration and mass transfer processes, therefore, virtually complete cessation of metabolic pathogens demonstrate the mechanism of antimicrobial action.

---

Keywords: sorbent «Celoform», the partial pressure of oxygen, antimicrobial action.

Местное медикаментозное лечение гнойной раны под повязкой, которое применимо в любых условиях, а главное привлекает своей доступностью и простотой, остается до настоящего времени основной в хирургии [1,2,11]. Однако эта методика имеет ряд существенных недостатков: слабовыраженный лечебный эффект и однонаправленность действия используемых лекарственных средств, в результате чего не полностью подавляется микрофлора, медленно происходит отграничение воспалительного процесса и очищение раны от гнойно-некротических масс [5,8].

В связи с этим необходима разработка и поиск доступных и, в то же время, эффективных лекарственных средств и подходов к лечению раневой инфекции, отвечающих современным требованиям.

В этом плане в последние годы вызывает интерес и развивается сорбционно-аппликационная терапия, направленная на сокращение сроков очищения ран от микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности, а также некротических тканей [1,4,5,12].

Однако необходимо подчеркнуть, что все существующие на сегодняшний день медицинские сорбенты могут использоваться или в фазе воспаления или в фазах регенерации. Кроме того, многие из них не обладают противомикробными свойствами [7].

В этой связи вызывает интерес медицинский растительный сорбент нового поколения «Целоформ», представляющий собой порошкообразное средство на основе механически размельченного упруго деформационным методом хлопкового волокна до размеров волокон 20-50 мкм.

Ранее были изучены особенности его состава, заключающиеся в наличии в нем большого количества свободных радикалов, образующихся в процессе измельчения сырья — хлопковой целлюлозы. Поэтому была выдвинута предварительная рабочая гипотеза, что свободные радикалы, входящие в состав сорбента «Целоформ», взаимодействуют с бактериями, подавляя их активность [6].

**Цель исследования:** установить механизм противомикробного действия растительного сорбента «Целоформ».

**Методы исследования:**

1. Измерение скорости линейной диффузии;
2. Изучение сорбционной способности «Целоформа»;
3. Измерение парциального давления кислорода в ране.

1. Для оценки влияния «Целоформа» на диффузионные процессы в ране измерялась скорость линейной диффузии по движению красителя метиленового синего [4].

При этом использовались 3 стеклянные трубки с внутренним диаметром 0,42 см (площадь сечения 0,138 см<sup>2</sup>). Первая трубка (эталонная), запаянная с одного конца была заполнена физиологическим раствором, вторая – на 70 мм медицинской ватой, которая была уплотнена внешним механическим давлением 300 г/см<sup>2</sup>. Масса ваты – 0,092 г, после насыщения водой – 0,760 г. (воды – 0,674 г.).

Третью трубку заполнили «Целоформом». Высота его слоя составляла 70 мм, масса – 0,344 г. После насыщения водой масса увеличилась до 0,999 г. (воды – 0,655 г.).

После этого все три трубки помещались в чашку Петри диаметром 3,5 см, заполненную 0,05% раствором красителя метиленового синего.

Через 87 часов проведены замеры длины окрашенной зоны во всех трубках.

Длина окрашенной зоны оказалась равна для воды 84 мм, для столба ваты – 24 мм и 6 мм – для слоя «Целоформа».

**Вывод:** диффузионные процессы на поверхности раны при нанесении порошка «Целоформа» замедляются более чем в 12 раз.

2. Изучение сорбционной способности «Целоформа» в условиях динамической сорбции должно осуществляться путем нанесения его порошка на раневую поверхность. Для моделирования этого процесса был проведен эксперимент, схожий с восходящей хроматографией в сухой колонке [4].

Для этого стеклянная трубка заполнялась слоем «Целоформа», после чего на нижний торец наносились 2 капли 0,05% раствора метиленового синего, и трубку опускали в чашку Петри, заполненную физиологическим раствором.

Под воздействием капиллярных сил уровень жидкости в трубке повысился и через 30 минут достиг верхнего уровня слоя сорбента. При этом зона красителя сместилась незначительно – всего на 2,5 мм. Этот эксперимент наглядно демонстрирует высокую сорбционную активность исследуемого порошка «Целоформа» по отношению к полярным органическим соединениям.

Величина хроматографической подвижности  $R_f$ , которую в данном случае можно использовать как меру сорбционной способности в динамических условиях, оказалась равной 0,025. (Величина  $R_f$  равна отношению путей, пройденных красителем и растворителем. В данном случае  $R_f = 2,5 \text{ мм}/100 \text{ мм} = 0,025$ ).

**Вывод:** процессы массообмена с участием полярных органических веществ в среде «Целоформа», насыщенного водой значительно замедляются.

3. Оценка влияния «Целоформа» на уровень парциального давления кислорода проводилась на границе раневая поверхность – сорбент «Целоформ».

Как известно, окислительно-восстановительный потенциал водных растворов, находящихся в контакте с газообразным кислородом, определяется полуреакцией:



$$\text{уравнение Нернста: } E = E^0 + \frac{0.059}{4} \lg[\text{O}_2][\text{H}^+]^4$$

Пользуясь приведенным соотношением, можно оценить изменение уровня парциального давления кислорода при протекании различных химических или микробиологических процессов, не сопровождающихся заметным изменением pH.

Если редокс-потенциал в начальный момент равен  $E$ , а через заданный промежуток времени  $\acute{E}$ , легко прийти к соотношению, позволяющему оценить изменение парциального давления за время эксперимента:

$$\Delta E = E - \acute{E} = \frac{0.059}{4} \lg \frac{[O_2]}{[\acute{O}_2]}$$

$$\lg \frac{[O_2]}{[\acute{O}_2]} = \frac{4\Delta E}{0,059}$$

$$\frac{[O_2]}{[\acute{O}_2]} = 10^{\frac{4\Delta E}{0,059}}$$

Здесь  $[O_2]$  – парциальное давление кислорода в начале эксперимента,  $[\acute{O}_2]$  – в заданный момент времени.

В качестве индикаторного электрода использовалась платиновая проволока диаметром 0,5 мм, впаянная в стеклянную трубку с длиной рабочей области 6 мм. Измерения потенциала проводились относительно хлорид-серебряного электрода[5].

Платиновый электрод прикладывался к раневой поверхности, электрод сравнения – к поверхности неизменной ткани на расстоянии 2-3 см от края раны.

В течение нескольких минут потенциал электрода стабилизировался на уровне 115 мв. Затем на поверхность раны насыпался порошок «Целоформа», после чего через 65 мин потенциал достигал своего максимального значения ~60 мв, продолжая в дальнейшем оставаться на этом же уровне (рис. 1).

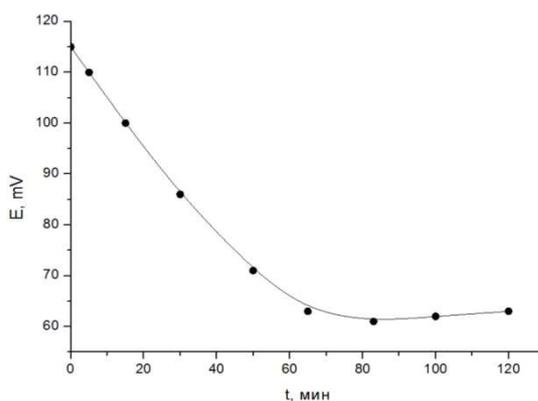


Рис. 1. Динамика изменения уровня парциального давления кислорода в ране под влиянием сорбента «Целоформ»

**Вывод:** уровень редокс-потенциала после нанесения «Целоформа» понижался более чем на 50 мв, что соответствует практически полному удалению кислорода с раневой поверхности:

**Заключение.** После нанесения сорбента на поверхность раны происходит выраженная сорбция раневого содержимого с удержанием ее как за счет капиллярных сил, так и благодаря образованию гелевых структур на поверхности частиц целлюлозы. При этом резко замедляются процессы массообмена, в том числе и за счет понижения линейной диффузии.

Процесс сорбции «Целоформом» раневой жидкости сопровождается существенным падением уровня парциального давления кислорода на поверхности раны. «Целоформ» в данном случае выступает в роли «пассивного антиоксиданта», сначала удаляя кислород с поверхности раны вместе с сорбируемой жидкостью, а затем (во влажном состоянии), препятствуя его доступу из атмосферного воздуха. Это должно приводить к практически полному прекращению обмена веществ у патогенных микроорганизмов и удалению продуктов их метаболизма.

Таким образом, установленное в ходе исследований существенное падение уровня парциального давления кислорода на покрытой сорбентом «Целоформ» раневой поверхности, приводящее к резкому замедлению процессов массообмена и, следовательно, практически полному прекращению обмена веществ у патогенных микроорганизмов, лежат в основе механизма противомикробного действия «Целоформа».

### Список литературы

1. Абаев, Ю.К. Раневая инфекция в хирургии /Ю.К. Абаев. – Мн.: Беларусь, 2003. – 293 с.
2. Абаев, Ю.К. Раны и раневая инфекция /Ю.К. Абаев. — Ростов: Феникс, 2006. — 427 с.
3. Адамян, А.А. Результаты лабораторного исследования порошкообразных медицинских сорбентов и перспективы их использования в хирургии /А.А. Адамян, М.Н. Лизанец, С.В. Добыш и др. //Вестник хирургии им. Грекова. – 1991.- №7-8. С. 37-41.
4. Богомолов, Н.И. Принципы лечения перитонита и его последствий: автореф. дис. ... докт. мед. наук /Н.И. Богомолов. - Иркутск, 2000. - 40 с.
5. Галимов, Р.А. Клинико-морфологическое обоснование включения сорбента «Целоформ» в комплексное лечение больных одонтогенными флегмонами: Автореф. Дис. Канд. мед. наук – Казань, 2012. – 19 с.
6. Ефименко, Н.А. Современные тенденции в создании биологически активных материалов для лечения гнойных ран /Н.А. Ефименко, Ф.Е. Шин, М.П. Толстых, А.С. Тепляшин //Военно-мед. журнал. 2002. - № 1. - С. 48-52.
7. Захарьевский, М.С. Оксредметрия /М.С. Захарьевский. Под редакцией члена-корр. АН СССР Б. П. Никольского и канд. хим. наук В. В. Пальчевского. Л.: Химия, 1967. – 120 с.

8. Измайлов, С.Г. Лечение ран /С.Г. Измайлов, Г.А. Измайлов, И.В. Подушкина //Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2003. – С. 39-47.
9. Крюкова, В.В. Патогенетическое обоснование сорбционно-аппликационной терапии гнойных ран: дис... канд. мед. наук. – Чита. 2005.
10. Лобенко, А.А. Лечение гнойных ран протеолитическими и литическими ферментами, иммобилизованными на угольной ткани в эксперименте /А.А. Лобенко, П.Т. Коваленко, М.Т. Площенко, А.А. Буров //Клин. хирургия. 1990. - № 1. - С. 31-32.
11. Микеш, О. Лабораторное руководство по хроматографическим и смежным методам /О. Микеш. Часть 1. Перевод с англ. М.: Мир, 1982 г. - 400 с.
12. Нестеров, О.В. Сорбционно-аппликационная терапия гнойно-воспалительных заболеваний челюстно-лицевой области./О.В. Нестеров, С.С. Ксембаев, Р.А. Галимов// Вестник Чувашского университета. – 2014. - №2. – С. 306 - 310.
13. Хадыева, М.Н. Обоснование применение сорбента целоформ при лечении гнойно-воспалительных заболеваний челюстно-лицевой области/ М.Н. Хадыева, Р.А. Галимов, С.С. Ксембаев// Казанский мед. журнал. – 2012. - №2/том 93. – С. 315-317.
14. Хафизова, Л.Н. Состояние микроциркуляции тканей пародонта при мелком преддверии полости рта у детей в период сменного прикуса/ Л.Н. Хафизова, С.С. Ксембаев, О.В. Нестеров, Е.В. Мамаева//Практическая медицина. – 2013. - №7 (76). – С. 151-153.
15. Хафизова, Л.Н. Уровень и природа адгезии биосовместимого сорбента «Целоформ» к раневым поверхностям/ Л.Н. Хафизова, О.В. Нестеров, В.К. Половняк, С.С. Ксембаев// Вестник Чувашского университета. – 2014. - №2. – С. 389-391.
16. Шевченко, Ю.Л. Перитонит: как качество жизни пациентов после хирургического лечения/ Ю.Л. Шевченко, П.С. Ветшев, Н.Н. Савенкова// Хирургия. Журналим. Н.И. Пирогова. – 2004. - №12.
17. Glyantsev, S.P. Absorbents containing immobilized proteases are the new class of dressing of leg ulcers and infected wound management /S.P. Glyantsev, A.A. Adamyan, I.Yu. Sakharov //Chron. Dermatol. 1994. - Vol. 4. - N 3. - P. 405-418.
18. Wadstrom, T. Pathogenesis of wound infections /T. Wadstrom, A. Ljung, P. Altemeyer //Wound healding and physiology.- Berlin-Heidilberg: SpringerVerlag, 1995.-P. 717.

**Рецензенты:**

Анохина А.В., д.м.н., профессор заведующая кафедрой терапевтической, детской стоматологии и ортодонтии ГБОУ ДПО Казанской государственной медицинской академии, г. Казань;

Фаизов Т.Т., д.м.н., профессор заведующий кафедрой челюстно-лицевой хирургии ГБОУ  
ВПО Казанского государственного медицинского университета, г. Казань.