

Н. А. Галатенко, Р. А. Рожнова, Е. С. Савицкая, Т. А. Киселева

Соединительно-тканная реакция на новый модифицированный полиакриламидный гель

(Представлено академиком НАН Украины В. П. Кухарем)

The comparative study of the connective-tissue reaction to the implantation of samples of polyacrylamide gel of a trivial structure (PAAG) and polyacrylamide gel modified by polyvinyl pyrrolidone (PAAG-PVP) is performed. It is established that the presence of polyvinyl pyrrolidone in the structure of gel weakens a degree of the reaction of organism to the implant and assists a faster normalization of fabric structures around a sample.

В настоящее время все более широкое распространение приобретают методы коррекции мягких тканей с реконструктивной и эстетической целью, проводимые с помощью различных полимерных материалов. Для этих целей применяются полимерные гелевые препараты, хорошо имитирующие мягкие ткани человеческого организма. Наиболее эффективны в хирургической практике гелевые образцы, полученные на основе доступных химических и природных соединений, таких как акриламид и гилауроновая кислота, а также других обычных материалов [1–3]. Однако в ряде случаев, некоторые имплантаты вызывают асептические продуктивные реакции, нежелательные для поставленных хирургом задач. Известно, что при использовании полиакриламидных гелей причиной воспалительных реакций может быть уровень остаточного мономера акриламида, который не вступил в реакцию гелеобразования [4]. Поэтому изучение тканевых реакций на указанные гелевые препараты и поиск возможных их модификаций, с целью улучшения реакции организма на имплантацию, являются актуальными для специалистов как химии, так и медицины. Кроме того, доклинические исследования на животных позволяют раскрыть некоторые технические аспекты операции и дать рекомендации хирургам для их практического внедрения.

В связи с вышесказанным, нами были проведены эксперименты по сравнительному изучению соединительно-тканной реакции на имплантацию образцов полиакриламидного геля (ПААГ) тривиального состава и полиакриламидного геля, модифицированного поливинилпирролидоном (ПААГ-ПВП). Опыты проводили на беспородных белых крысах-самцах массой 100–150 г. Животным в область спины подкожно вправо и влево ниже лопаток имплантировали по 1 мл геля сроком 2 недели, — 1 и 6 мес. Для эксперимента брали по трое животных на образец на каждый срок исследования. По мере истечения сроков имплантации животных умерщвляли серным эфиром, материал с окружающими тканями извлекали и фиксировали в 10–12% нейтральном формалине, обрабатывали по обычной гистологической методике, окрашивали гематоксилином и эозином.

В течение всего срока (6 мес.) пальпаторно под кожей у экспериментальных животных определяли шарики упругой консистенции, не спаянные с окружающими тканями и не беспокоящие животных. При извлечении имплантатов все образцы макроскопически лежали в неизменной подкожной клетчатке, не спаянные с кожей и подлежащими мышцами, легко выделялись с прилежащими тканями.

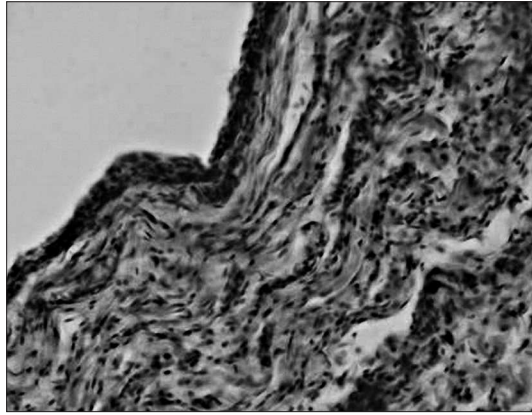


Рис. 1. Фрагменты капсулы вокруг ПААГ (1 мес. имплантации)

Микроскопически через 2 недели после имплантации срез полимерного образца ПААГ (местами гомогенный, а местами слегка волокнистый) окрашен гематоксилином. Вокруг образца через 2 недели формируется капсула, состоящая из пучков зрелых коллагеновых волокон, ориентированных вдоль полимера, между которыми определяется большое количество клеточных элементов лимфогистиоцитарного ряда, в частности много крупных макрофагов. Лимфоидные и макрофагальные элементы обнаруживаются в дефектах (трещинах и полостях) образца. Дефекты, находящиеся на периферии, содержат молодую соединительную ткань. За пределами капсулы в окружающей соединительной ткани много расширенных капилляров, часть из них заполнены лимфоидными элементами. Вокруг капилляров отмечены незначительный отек, местами небольшая лимфоидная инфильтрация, много тучных клеток.

Через 1 мес. вокруг исследуемого полимерного образца капсула несколько разнородна по своему строению. большей частью она зрелая, состоит из хорошо сформированных пучков коллагеновых волокон, между которыми определяется небольшое количество веретеновидных фибробластов. Однако отмечаются небольшие участки с менее зрелой соединительной тканью, где часть волокон лежит беспорядочно и имеются молодые округлые и овальные фибробластические формы (рис. 1). Здесь же можно обнаружить лимфоидные и макрофагальные элементы, а также многоядерные клетки инородного тела. За пределами капсулы в этих местах определяются расширенные сосуды с явлениями стаза и иногда микротромбами, вокруг сосудов — местами тучные клетки и незначительная круглоклеточная инфильтрация, особенно выраженные в прилежащей жировой клетчатке.

По истечении 6 мес. после операции вокруг описываемого полимера только незначительные участки имеют достаточно четко выраженную капсулу. В основном гель лежит в полостях между разнонаправленными пластами соединительной ткани с элементами базофилии. Местами в ней встречаются очаги незначительной лимфоидной инфильтрации, макрофаги и тучные клетки. Иногда вблизи полимерного образца определяется жировая клетчатка, которая отделена от него слоем рыхлой соединительной ткани. В клетчатке имеется незначительная лимфоидная инфильтрация и сравнительно выраженная сосудистая реакция с явлениями стаза. В некоторых случаях по краю полимера местами обнаруживается очень тонкий слой лимфоидных и макрофагальных элементов. Последние находятся также в самом образце, проникая в трещины и микродефекты.

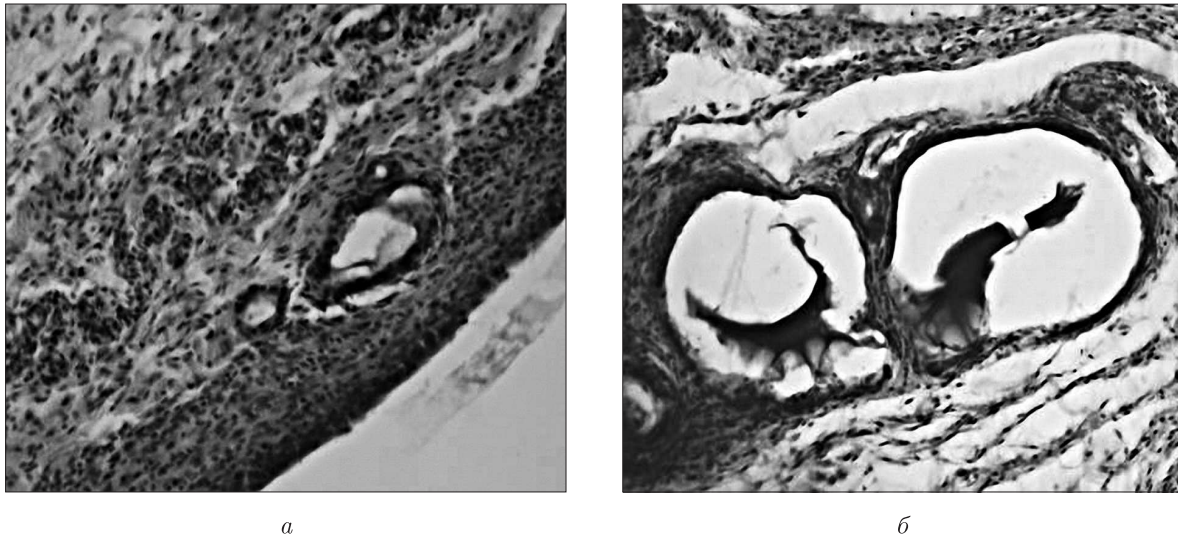


Рис. 2. Двухслойная капсула и небольшой фрагмент полимера в толще капсулы вокруг ПААГ-ПВП (2 недели имплантации) (а); тонкая капсула с незначительным количеством лимфоидных и макрофагальных элементов вокруг гидрогеля ПААГ-ПВП (1 мес. имплантации) (б)

Через две недели вокруг гидрогеля ПААГ-ПВП формируется довольно толстая капсула, имеющая в основном двухслойное строение. Слой, непосредственно прилегающий к образцу, состоит из большого количества лимфогистеоцитарных клеточных элементов, которые расположены между расслоившимися кусочками образца. Более отдаленный от образца второй слой капсулы, он состоит из молодой соединительной ткани с беспорядочно ориентированными коллагеновыми волокнами и молодыми формами фибробластов. Иногда в этом слое встречаются микрочастицы геля, окруженные крупными макрофагальными элементами (рис. 2, а). В соединительной ткани, окружающей капсулу, отмечаются скопления тучных клеток и местами незначительная круглоклеточная инфильтрация. Сосуды здесь слегка расширены, в отдельных точках наблюдается явление стаза, изредка тромбоз.

Уже через месяц вокруг фрагментов образца ПААГ-ПВП в ряде случаев определяется четко сформированная тонкая соединительно-тканная капсула, состоящая из достаточно зрелых правильно ориентированных коллагеновых волокон и единичных веретеновидных фибробластов. Внутри капсулы и между фрагментами геля видны крупные макрофаги и незначительное количество лимфоидных элементов (см. рис. 2, б). Иногда капсулы как таковой не обнаруживается, и фрагменты геля лежат как бы в межтканевых щелях. В окружающей соединительной ткани и прилежащей жировой клетчатке отмечаются расширенные полнокровные сосуды. Кое-где имеется незначительная лимфоидная инфильтрация.

Через 6 мес. крупные фрагменты подсаженного геля находятся внутри довольно плотной, зрелой капсулы, состоящей преимущественно из коллагеновых волокон и незначительного количества зрелых фибробластов. Наряду с этим имеются частицы образца, которые лежат в полостях, не отграниченные от окружающей соединительной ткани капсулой (рис. 3), а только местами незначительным количеством лимфоидных элементов. В окружающей соединительной ткани местами определяется незначительная сосудистая реакция.

Анализируя проведенные исследования, можно сказать, что вокруг полимерного образца ПААГ тривиального состава на раннем сроке исследования (2 недели) имеется довольно выраженная продуктивная реакция, которая стихает по мере отдаления от срока импланта-

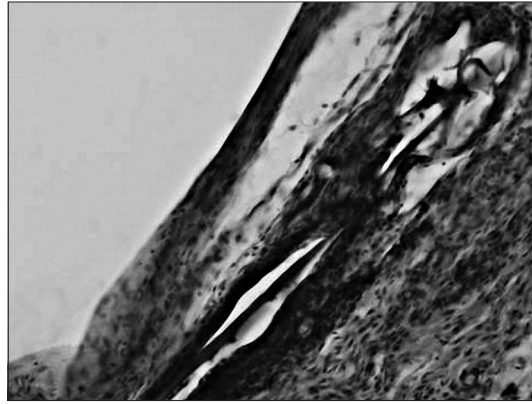


Рис. 3. Фрагменты капсулы и частицы гидрогеля ПААГ-ПВП за ее пределами, лежащие в соединительной ткани (6 мес. имплантации)

ции и к длительному сроку (6 мес.) практически исчезает. Аналогичным образом протекают и сосудистые реакции, довольно выраженные в начале и значительно ослабленные к концу срока.

Вокруг полимерного образца ПААГ-ПВП также обнаруживается продуктивная асептическая реакция, аналогичная предыдущей, однако в данном случае она более разнородна и, по-видимому, зависит от размеров фрагментов образца, а также сроков имплантации. Вокруг более крупных фрагментов капсула более толстая и сохраняется длительный срок, вплоть до 6 мес. Вокруг более мелких фрагментов уже к первому месяцу капсула тонкая или почти отсутствует.

Таким образом, ПААГ имеет тенденцию к равномерной, но более поздней нормализации тканевых и клеточных компонентов. Гидрогель ПААГ-ПВП проявляет тенденцию к более раннему (уже к первому месяцу) и качественному процессу нормализации тканевых структур вокруг имплантата. Есть возможность предположить еще один механизм развития продуктивной реакции вокруг имплантируемого геля. В тех случаях, когда гель попадает между плотными тканевыми структурами в межтканевые щели или оттесняет ткани с незначительной травматизацией, реакция вокруг образца менее выражена, представляет собой на ранних сроках асептическое продуктивное воспаление практически не формирующее капсулы и оставляющее имплантат к большим срокам (6 мес.), лежащим в неизменных тканях. В случае выраженной травматизации формирование капсулы зависит от ее степени и является в большей мере реакцией на травму, чем на имплантированный полимер. Этим же, по-видимому, обусловлены и сосудистые реакции вокруг имплантата.

Исходя из изложенного можно сказать, что исследуемые гели индифферентны для организма. Реакция ткани на их имплантацию обусловлена рядом факторов, из которых достаточно значительным является факт травматизации тканей и их механическое раздражение подсаженным образцом. При сравнении химического состава образцов можно отметить, что наличие поливинилпирролидона в составе геля ослабляет степень реакции организма на имплантат и способствует более быстрой нормализации тканевых структур вокруг образца.

1. *Pierre J. N.* Long-Lasting and Permanent Fillers: Biomaterial influence over host tissue response // *Plastic and Reconstruc. Surgery.* — 2007. — N 6. — P. 2271–2286.
2. *Cristensen L. H., Breiting V. B., Aasted A. et al.* Long-term effects of polyacrylamide hydrogel on human breasy tissue // *Реконструктив.-пласт. хирургия.* — 2005. — 6, № 1. — С. 14–22.

3. Лопатин В. В., Берестенев В. А., Анжей А. Г. и др. Новое поколение полиакриламидных гелей для имплантации. Биодеструкция и другие проблемы применения полиакриламидных гелей // *Анналы пласт., реконструктив. и эстет. хирургии.* — 2004. — № 2. — С. 25–30.
4. Кебуладзе И. М. Медико-биологическая характеристика полимерных материалов на основе полиакриламида // *Реконструктив.-пласт. хирургия.* — 2006. — 4, № 2. — С. 5–14.

*Институт химии высокомолекулярных соединений
НАН Украины, Киев*

Поступило в редакцию 03.10.2007

УДК 621.039.741

© 2008

Л. И. Руденко, О. В. Джужа, В. Е. Хан

Окислительная очистка кубовых остатков жидких радиоактивных отходов от органических веществ и трансурановых элементов

(Представлено академиком НАН Украины В. П. Кухарем)

Regularities of the oxidizing purification of deep blue residues of liquid radioactive wastes (LRW) from organic compounds and transuranium elements (TUE) with the use of hydrogen peroxide, and permanganate of potassium and the subsequent ultrafiltration are studied. The optimum modes of oxidization are established. Under the indicated conditions, the initial dichromate oxidizability of deep blue tailings of LRW goes down from 6000–9500 to 500–1000 mgO₂/dm³, the activity of TUE diminishes on the isotopes of ^{238,239,240}Pu by ≥ 74–87%, ²⁴¹Am by ≥ 94–95%, ²⁴⁴Cm by ≥ 90–95%, and the concentration of uranium by 94–99%. Introduction of the developed method on the Chernobyl NPP is offered.

Переработка жидких радиоактивных отходов (ЖРО) из объекта “Укрытие” Чернобыльской АЭС связана с соблюдением ряда критериев безопасности, важнейшими из которых являются содержание органических веществ и активность α-излучающих радионуклидов. Практика химического цеха ЧАЭС показала, что наличие органических соединений в кубовых остатках является препятствием в работе выпарных аппаратов, поскольку при определенных концентрациях этих веществ в процессе дальнейшего концентрирования остатков змеевики забиваются и выходят из строя указанные аппараты. Присутствие α-излучающих трансурановых элементов (ТУЭ) с удельной активностью больше $3,7 \cdot 10^2$ Бк/дм³ недопустимо с точки зрения безопасного обслуживания хранилищ ЖРО на ЧАЭС и последующего их глубокого концентрирования перед переработкой в твердые отходы.

В мировой практике нет необходимого опыта очистки ЖРО, образовавшихся в результате техногенной ядерной аварии. Существует способ окислительной очистки кубовых остатков ЖРО (Ленинградская АЭС) перекисью водорода и перманганатом калия для уменьшения содержания органических соединений и последующего применения ферроцианидного сорбента для снижения активности радионуклидов (^{134,137}Cs, ⁶⁰Co) [1]. Однако для несравненно более сложных систем, в которых присутствуют большое количество различных органических соединений, значительное содержание α-излучающих нуклидов — ЖРО