

параметры адсорбции катионов ртути, свинца и никеля энтеросорбентами. Рассчитанные параметры позволяют количественно оценить эффективность энтеросорбентов, широко применяемых в клинической практике, по выведению тяжелых металлов из модельных растворов. Наиболее эффективными энтеросорбентами оказались активированный уголь и микроцеллюлоза, отличающиеся высокой адсорбционной емкостью и высоким сродством к катионам свинца и никеля, а также полифепан, имеющий высокое сродство к катионам ртути. Можно предположить, что именно эти энтеросорбенты могут обеспечить эффективную детоксикацию содержащего ЖКТ при избыточном поступлении тяжелых металлов и их соединений в организм человека.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лисичкин, Г. В. Человек и среда его обитания / Г. В. Лисичкин, Н. Н. Чернов. — М.: Мир, 2003. — 375 с.
2. Зырин, Н. Г. Химия тяжелых металлов, мышьяка и молибдена в почвах / Н. Г. Зырин. — М.: МГУ, 1985. — 208 с.
3. Колесников, С. И. Экологические последствия загрязнения почв тяжелыми металлами / С. И. Колесников, К. Ш. Казеев, В. Ф. Вальков. — Ростов н/Д: СКНЦ ВШ, 2000. — 89 с.
4. Добровольский, В. В. Тяжелые металлы в окружающей среде. Загрязнение окружающей среды и глобальная геохимия / В. В. Добровольский. — М.: МГУ, 1980. — 413 с.
5. Трахтенберг, И. М. Применение пектинсодержащих энтеросорбентов при воздействии радионуклидов и тяжелых металлов / И. М. Трахтенберг, В. А. Метенко, И. Б. Деревяло // Врачебное дело. — 1992. — № 5. — С. 29–32.
6. Энтеросорбция / под ред. Н. А. Белякова. — Л., 1991. — 336 с.
7. Хотимченко, Ю. С. Энтеросорбенты для больных и здоровых / Ю. С. Хотимченко, А. В. Кропотов // Мед. фарм. вестн. Приморья. — 1998. — № 4. — С. 99–107.
8. Охотникова, Е. Н. Использование энтеросорбента Белый уголь при аллергических заболеваниях у детей: результаты собственных исследований / Е. Н. Охотникова // Современная педиатрия. — 2009. — № 4 (26). — С. 30–35.
9. Горелов, А. В. Современный взгляд на проблему энтеросорбции. Оптимальный подход к выбору препарата / А. В. Горелов, Н. И. Урсова // Русский медицинский журнал. — 2003. — № 3. — С. 18–24.
10. Харитонов, Ю. Я. Аналитическая химия (аналитика) / Ю. Я. Харитонов. — М.: Высш. шк., 2001. — С. 179–219.
11. Воюцкий, С. С. Курс коллоидной химии / С. С. Воюцкий. — М.: Химия, 1976. — С. 107–109.

Поступила 06.12.2013

УДК 615.468.6:541.64 ]: 615.372

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ ШОВНОГО МАТЕРИАЛА С ПОКРЫТИЕМ ИЗ ПОЛИ-ПАРА-КСИЛИЛЕНА

Д. Н. Бонцевич

Гомельский государственный медицинский университет

**Цель:** оценить токсичность шовного материала на основе полиамида с поли-пара-ксилиленовым (ППК) покрытием.

**Материалы и методы.** Исследовался обычный полиамидный шовный материал и шовный материал с поли-пара-ксилиленовым покрытием. Определялась острая токсичность шовного материала «in vitro». Использовались методики воздействия вытяжек на эритроциты человека и сперматозоиды быка. Токсическое воздействие полимерных материалов хирургических нитей изучалось на вытяжках, полученных из них на 3-и и 10-е сутки.

**Результаты.** При проведении гемолитического теста было установлено, что процент гемолиза во всех пробах менее 1 %. Это свидетельствует об отсутствии гемотоксического воздействия продуктов гидролиза исследуемого шовного материала. При проведении теста на цитотоксичность в отношении половых клеток крупного рогатого скота индекс токсичности приближался к 1, что свидетельствует об отсутствии цитотоксичности шовного материала.

**Заключение.** Вытяжки из шовного материала из полиамида с ППК-покрытием и без него не обладают гемолитическим действием и не оказывают токсического воздействия на половые клетки крупного рогатого скота.

**Ключевые слова:** полиамидные хирургические нити, нити с ППК-покрытием, острое токсическое воздействие, тест на гемотоксичность, тест на цитотоксичность.

## TOXICITY OF SUTURE MATERIAL WITH POLY-P-XYLYLENE COATING

D. N. Bontsevich

Gomel State Medical University

**The goal of research:** to assess the toxicity of suture material based on polyamide with poly-p-xylylene coating.

**Material and method:** Common polyamide suture material and that with poly-p-xylylene coating were studied. The acute toxicity of suture material was identified «in vitro». We used the methods of extracts effect on human erythrocytes and bull spermatozooids. The toxic effect of the polymeric material of surgery threads was studied on the extracts obtained on the third and tenth days.

**The results:** The hemolytic test showed that the percentage of hemolysis in all the tests was less than 1 %. It indicates that the suture material has no hemotoxic effect of hydrolysis products. The cytotoxicity test on the livestock sperm cells revealed the toxicity index being 1, which indicates the absence of cytotoxicity of the suture material.

**Conclusion.** The extracts from the polyamide suture and that with poly-p-xylylene coating have no hemolytic effect and do not have a toxic impact on the bulls sperm cells.

**Key words:** polyamide surgical threads, threads with poly-p-xylylene coating, acute toxicity, hemolytic test, cytotoxicity test.

### Введение

Развитие современной хирургии невозможно без использования новейших разработок в области химии и физики. Наиболее ярким примером такого сотрудничества является применение полимерных материалов в хирургии и в целом в медицине. Нет такой сферы медицины, где не использовались бы полимерные материалы [7]. С внедрением в практику полимеров связаны такие успехи, как создание искусственных сосудов, клапанов, суставов. Повсеместно в хирургии сегодня используется шовный материал разного полимерного строения или с разным полимерным покрытием на нем [6]. Качество полимерных материалов является во многом определяющим в эффективности работы медицинских изделий. В связи с этим кажется оправданным применение наиболее современных и функциональных полимерных материалов в хирургии [3, 6, 7].

Однако существует и обратная сторона — токсичность материалов. Суть в том, что между полимерным материалом и организмом человека происходят сложные механизмы взаимодействия. В полимерном материале со временем, особенно имплантированном внутри организма, протекают процессы старения и деструкции. Происходит вымывание, миграция, улетучивание, пропотевание продуктов распада или взаимодействия с организмом. Данные продукты включаются в метаболизм организма [4]. В связи с этим в хирургии должны использоваться только биосовместимые полимеры [2]. Исследование биосовместимости материала, по нашему мнению, является важной задачей. Причем такие исследования должны проводиться не только на стадии внедрения изделия в практику, но и в дальнейшем по мере применения в практическом здравоохранении [4].

Нами исследовался шовный материал на основе полиамида с поли-пара-ксилиленовым покрытием. Данный шовный материал разработан Институтом механики металло-полимерных систем им. В. А. Белого НАН Беларуси и Гомельским государственным медицинским университетом в 2000 году. Ранее поли-пара-ксилилен применялся для покрытия медицинского инструмента и имплантатов в целях придания им, в первую очередь, биоинертности. Однако публикаций о его токсичности при использовании в качестве покрытия шовного материала отыскать не удалось.

### Цель исследования

Оценить токсичность шовного материала на основе полиамида с поли-пара-ксилиленовым покрытием.

### Материалы и методы

Для исследования использовали капроновые хирургические нити метрического размера 3, условно-

го номера 2/0, производства компании «Волоть» (РФ) ТУ-9432-001-24648800-95 с нанесенным 1 %-ным поли-пара-ксилиленовым покрытием.

Для определения острой токсичности использовали 2 теста:

1. Тест на гемотоксичность.

2. Тест на цитотоксичность в отношении половых клеток крупного рогатого скота.

Изучалось воздействие вытяжки из хирургических нитей на живые клетки. Вытяжку шовного материала готовили согласно существующим методическим рекомендациям, путем экспозиции 0,4 м обычной полиамидной нити и полиамидной нити с ППК-покрытием в 100 мл 0,9 %-ного раствора натрия хлорида в течение 3 и 10 дней при постоянной температуре 37 °С.

При изучении токсического воздействия вытяжек из шовного материала с ППК-покрытием на эритроциты человека использовали методику определения гемолитического действия полимерных материалов *in vitro*. Готовили 10 %-ную взвесь эритроцитов. Для этого 5 мл эритроцитарной массы центрифугировали 10 мин на скорости 900 об./мин, надосадочную жидкость удаляли, к осадку добавляли 8 мл 0,9 %-ного раствора натрия хлорида, содержимое взбалтывали и центрифугировали в том же режиме. Отмывание эритроцитов проводили дважды по описанной выше методике, контролируя отсутствие гемолиза в надосадочной жидкости. Для получения 10 %-ной взвеси эритроцитов 1 мл осадка клеток смешивали с 9 мл 0,9 %-ного раствора натрия хлорида. Затем изготавливалась контрольная проба и проба со 100 % гемолизом. Контрольная проба изготавливалась следующим образом: 0,5 мл 10 %-ной взвеси эритроцитов и 5 мл 0,9 %-ного раствора натрия хлорида. Проба со 100 % гемолизом: 0,5 мл 10 %-ной взвеси эритроцитов и 5 мл дистиллированной воды. При добавлении дистиллированной воды во время проведения пробы со 100 %-ным гемолизом происходит полное разрушение эритроцитов. Контрольная проба и проба со 100 %-ным гемолизом выполнялись для каждого образца эритроцитарной массы.

Опытные пробы изготавливались путем смеси 5 мл вытяжки из шовного материала с ППК-покрытием и 0,5 мл 10 %-ной взвеси эритроцитов. Затем опытные, контрольные и вытяжки со 100 %-ным гемолизом ставились на 1 час в термостат при температуре 37 °С, после чего центрифугировали в течение 20 мин на скорости 2000 об./мин. Надосадочную жидкость отделяли и исследовали оптическую плотность на фотоэлектроколориметре с длиной волны 640 нм против «холостой» пробы (вода). Расчет процента гемолиза проводился по формуле:

$$\frac{E_{\text{оп}} - E_{\text{к}}}{E_{100}} \times 100 = \text{процент гемолиза},$$

где:  $E_{оп}$  — оптическая плотность опытной пробы;  $E_{к}$  — оптическая плотность контрольной пробы;  $E_{100}$  — оптическая плотность пробы со 100 %-ным гемолизом.

Кроме гемолитического воздействия вытяжек из шовного материала с ППК-покрытием, исследовалось их токсическое влияние на половые клетки крупного рогатого скота. Суть методики заключается в визуализации двигательной активности сперматозоидов быка под микроскопом (Nicon Eclipse E200). Оценивается двигательная активность сперматозоидов после воздействия на них вытяжкой из шовного материала. В качестве биологического объекта использовали гранулированную сперму быка по 0,1–0,2 г и замороженную в парах жидкого азота. Сперму получали на станции искусственного осеменения. Приготовление пробы спермы проводилось следующим образом: в 4 пробирки с 0,5 мл глюкозо-цитратной среды (глюкоза — 4 г, цитрат натрия — 1 г, дистиллированная вода — 100 мл), находящиеся на водяной бане с температурой 40 °С, помещали по одной грануле спермы в каждую пробирку длинным анатомическим пинцетом специально охлажденным до температуры жидкого азота. Сразу после оттаивания содержимое пробирок сливали в одну колбу и перемешивали, получая маточный раствор. Опытная проба приготавливалась путем смешивания 0,3 мл суспензии маточного раствора и 1 мл вытяжки из шовного материала с ППК-покрытием. Контрольная проба приготавливалась путем смешивания 0,3 мл суспензии маточного раствора и 1 мл глюкозо-цитратной среды. Концентрация сперматозоидов в пробах составляла 6–7 млн/мл. Все пробирки с контрольными и опытными пробами были помещены на водяную баню с температурой 40 °С. Каждые 10 мин из опытных и контрольной партий брались заборы и произ-

водилась микроскопия капли. Время подвижности определяли как среднее между двумя измерениями. Первое — наличие хотя бы одной клетки с поступательными движениями, второе — полное отсутствие движений.

Токсичность определялась по формуле:

$$T = \frac{\text{опытное}}{\text{контрольное}} \times 100,$$

где:  $T$  — степень токсичности, «опытное» — время подвижности сперматозоидов в опытной пробе; «контрольное» — время подвижности сперматозоидов в контрольной пробе.

#### Результаты исследования

Применение для определения острой токсичности тестов на гемотоксичность и цитотоксичность в отношении половых клеток крупного рогатого скота, на наш взгляд, является наиболее информативным. С целью контроля качества и установления влияния покрытия из полипара-ксилилена на живые клетки исследовались не только готовые нити с ППК-покрытием, но и чистые нити из полиамида без покрытия. Использовались 3- и 10-дневные вытяжки исходных полиамидных нитей без покрытия и нитей с 1 % ППК-покрытием. Выполнялось по десять измерений каждой пробы.

При выполнении теста на гемотоксичность были приготовлены еще две пробы с изотоническим раствором (контрольная проба без гемолиза) и проба с дистиллированной водой (100 %-ный гемолиз). Полученная оптическая плотность, а также полученный процент гемолиза в опытных пробах статистически не различались между собой на 3 и 10 сутки. Значение гемолиза во всех пробах было менее 2 (таблица 1). Полученные данные свидетельствуют, что испытуемые шовные материалы не обладают гемотоксическим действием.

Таблица 1 — Определение гемотоксичности шовного материала

Пробы	Оптическая плотность	Процент гемолиза
Проба со 100% гемолизом	0,975	100
Контрольная проба	0,02	0
Пробы полиамид без покрытия, 3-дневная вытяжка	Me (Q <sub>1</sub> ; Q <sub>4</sub> ) 0,025 (0,023; 0,027)	Me (Q <sub>1</sub> ; Q <sub>4</sub> ) 0,51 (0,31; 0,72)
Пробы полиамид с ППК, 3-дневная вытяжка	Me (Q <sub>1</sub> ; Q <sub>4</sub> ) 0,0245 (0,023; 0,026)	Me (Q <sub>1</sub> ; Q <sub>4</sub> ) 0,46 (0,31; 0,62)
Пробы полиамид без покрытия, 10-дневная вытяжка	Me (Q <sub>1</sub> ; Q <sub>4</sub> ) 0,0255 (0,023; 0,027)	Me (Q <sub>1</sub> ; Q <sub>4</sub> ) 0,56 (0,31; 0,72)
Пробы полиамид с ППК, 10-дневная вытяжка	Me (Q <sub>1</sub> ; Q <sub>4</sub> ) 0,0245 (0,024; 0,026)	Me (Q <sub>1</sub> ; Q <sub>4</sub> ) 0,46 (0,41; 0,62)

Следующим этапом был выполнен тест на цитотоксичность в отношении половых клеток крупного рогатого скота. Следует отметить, что половые клетки крупного рогатого скота являются

очень чувствительными структурами к токсическому воздействию окружающей среды. Считается, что коэффициент корреляции ( $r$ ) между методикой определения токсичности на половых клет-

ках крупного рогатого скота и методиками на целостном организме млекопитающих (мышь, крысы) колеблется в интервале от 0,86 до 0,98. В связи с этим данная методика рекомендуется для широкого применения при определении токсичности медицинских изделий. Значения индекса токсичности должны при этом находиться в пределах от 70 до 120 (постановление МЗ РБ № 128 от 16 декабря 2013 г. «Требования к изделиям медицинского назначения и медицинской технике»).

При исследовании токсичность опытных растворов сравнивалась с контрольной вы-

тяжкой. Оценивалась подвижность сперматозоидов быка. Было установлено, что на подвижность половых клеток крупного рогатого скота вытяжка из шовного материала не оказывает влияния. Это означает, что продукты распада шовного материала не обладают цитотоксическими свойствами. Достоверной разницы не было между пробами вытяжки как непокрытого, так и покрытого шовного материала. Также достоверной разницы мы не нашли при исследовании пробы вытяжек разной давности (3 и 10 дней) (таблица 2).

Таблица 2 — Значения индекса и степени токсичности

Пробы	Индекс токсичности	Степень токсичности
Пробы полиамид без покрытия, 3-дневная вытяжка	Me (Q <sub>1</sub> ; Q <sub>4</sub> ) 95,5 % (94; 96)	Нетоксично
Пробы полиамид с ППК, 3-дневная вытяжка	Me (Q <sub>1</sub> ; Q <sub>4</sub> ) 98,5 % (98; 104)	Нетоксично
Пробы полиамид без покрытия, 10-дневная вытяжка	Me (Q <sub>1</sub> ; Q <sub>4</sub> ) 94,5% (92; 96)	Нетоксично
Пробы полиамид с ППК, 10-дневная вытяжка	Me (Q <sub>1</sub> ; Q <sub>4</sub> ) 99 % (96; 102)	Нетоксично

### Заключение

Механизм токсического действия, оказываемого на сперматозоиды животных, чаще всего обусловлен химическим воздействием на мембраны клеток. Нарушается проницаемость клетки и ее энергетический обмен. Известно, что энергия в сперматозоидах вырабатывается в митохондриях, изменение проницаемости их мембраны приводит к нарушению образованию АТФ и обездвиживанию клетки. В результате наших исследований установлено, что как сами компоненты шовного материала, так и продукты его гидролиза не оказывают воздействия на мембраны и не нарушают функции митохондрий. В связи с этим двигательная активность половых клеток в опытных и контрольных пробах не различаются.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Адамян, А. А. Основные направления создания хирургических шовных материалов в СССР и за рубежом / А. А. Адамян // 1-я Всесоюз. конф. Современные подходы к разработке эффективных перевязочных средств и шовных материалов. — М., 1989. — С. 179–185.
2. Биосовместимость / С. Л. Васин [и др.]; под ред. В. И. Севастьянова. — М.: ИЦ ВНИИГеосистем, 1999. — 368 с.
3. Материалы для современной медицины / В. Н. Канюков [и др.]. — Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. — 113 с.
4. Неблагоприятные эффекты полимерных материалов, используемых в медицинской практике / О. А. Харченко [и др.] // Современные проблемы токсикологии. — 2012. — № 1. — С. 6–15.
5. Шевченко, В. В. Проблемы создания хирургических шовных материалов на основе создания синтетических полимеров / В. В. Шевченко // 1-я Всесоюз. конф. Современные подходы к разработке эффективных перевязочных средств и шовных материалов. — М., 1989. — С. 187–188.
6. Штильман, М. И. Полимеры медико-биологического назначения / М. И. Штильман. — М.: Академкнига, 2006. — 400 с.
7. Хенч, Л. Л. Биоматериалы, искусственные органы и инжиниринг тканей / Л. Л. Хенч, Д. Р. Джонс. — М.: Техносфера, 2007. — 304 с.

Поступила 12.02.2014

УДК 577.112.856:796.071

## СОСТАВ, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛИПОПРОТЕИНОВЫХ КОМПЛЕКСОВ КРОВИ И СПЕКТР ЖИРНЫХ КИСЛОТ НЕКОТОРЫХ ФОСФОЛИПИДОВ МЕМБРАН ЭРИТРОЦИТОВ СПОРТСМЕНОВ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА

С. С. Осочук, А. Ф. Марцинкевич

Витебский государственный медицинский университет

**Цель:** определить наличие и характер взаимосвязи между составом, физико-химическими свойствами липопротеиновых комплексов крови и жирнокислотным спектром фосфолипидов мембран эритроцитов спортсменов и лиц, не занимающихся спортом.

**Материалы и методы.** С помощью флуоресцентного зондирования, ультрацентрифугирования, хроматографических методов изучались липопротеиновые комплексы крови и мембраны эритроцитов спортсменов и лиц, не занимающихся спортом.

**Результаты.** У спортсменов микровязкость липопротеиновых комплексов крови выше, а прямая корреляционная зависимость с содержанием холестерина сильнее, чем у лиц, не занимающихся спортом. Выяв-