

ФРАНЦ АЛЕКСАНДРОВИЧ МИСЮН

кандидат медицинских наук, доцент кафедры госпитальной хирургии, лор-болезней, офтальмологии, стоматологии, онкологии, урологии Медицинского института, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
transophttech@mail.ru

ВЛАДИМИР ВАСИЛЬЕВИЧ ВАПИРОВ

доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой общей химии эколого-биологического факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
vapirov@petrsu.ru

ИЛЬЯ ОЛЕГОВИЧ ГАВРИЛЮК

соискатель кафедры госпитальной хирургии, лор-болезней, офтальмологии, стоматологии, онкологии, урологии Медицинского института, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
iluayaks@gmail.com

МИКРОХИРУРГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС МИСЮНА ДЛЯ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ МЕТАЛЛОЗА РОГОВИЦЫ ГЛАЗА.

III. Микрохирургические технологии внедрения микрочастиц в роговицу глаза и микрофотовидеофиксирующее устройство

Впервые разработаны микрохирургические технологии введения микрочастиц в роговицу глаза с надежной их фиксации. Разработано и изготовлено микрофотовидеофиксирующее устройство (МФВУ), позволяющее провести многоракурсную цветную фотовидеофиксацию с микрометрией. Инновационность микрохирургических технологий и новизна технических решений микрофотовидеофиксирующего устройства позволили проследить металлоз на всех стадиях его развития. На микрохирургические технологии и МФВУ поданы заявки на патентные защиты.

Ключевые слова: роговица глаза, микрохирургические устройства, микрофотовидеофиксация, микрохирургия

Воспроизведение травмы и металлоза в роговице глаза в эксперименте является очень сложной задачей, для реализации которой требуется длительный этап подготовки. Толщина роговицы накладывает определенные требования не только к размерам внедряемых микрочастиц, но и к техническим параметрам хирургических инструментов.

Ранее [2] нами представлены устройство для изготовления микрочастиц, а также необходимый набор микрохирургических инструментов для внедрения микрочастиц в роговицу глаза экспериментального животного. Создание указанного набора микрохирургических инструментов явилось первым этапом на пути воспроизведения травмы, и в частности металлоза роговицы.

Обязательным этапом дальнейших разработок стало создание необходимых устройств для проведения микрохирургических операций на экспериментальных животных. Среди непереносимых требований к проведению микрохирургической операции – жесткая фиксация животного, которая исключает даже малейшие его движения.

Данная задача была решена в рамках реализации инновационных конструкторских решений, которые легли в основу разработанного станка с жесткой фиксацией кролика для проведения микрохирургических операций [3]. Реализация указанных этапов в целом позволяет воспроизвести в эксперименте травму роговицы глаза различными инородными телами.

Представленные в [2] и [3] устройство для изготовления микрочастиц, а также необходимый набор микрохирургических инструментов для внедрения микрочастиц в роговицу глаза экспериментального животного и устройства для проведения микрохирургических операций составляют отдельный блок микрохирургического комплекса Мисюна. Высокий технический уровень и инновационные решения, воплощенные в данном комплексе, позволили разработать несколько новых микрохирургических технологий внедрения микрочастиц в роговицу глаза экспериментального животного и проследить динамику развития металлоза. В данной работе мы представляем Микрохирургическую технологию

введения микрочастиц в микрорану вертикального профиля роговицы глаза (МТВП) и Микрохирургическую технологию введения микрочастиц в микрорану сложного профиля роговицы глаза (МТСП).

МИКРОХИРУРГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Микрохирургические технологии введения микрочастиц относятся к микрохирургии и могут быть использованы при введении микрочастиц в микрорану на дозированную глубину.

В [1] предложен способ введения инородного тела в переднюю камеру глаза кролика через разрез роговицы в лимбальной зоне копьевидным ножом, однако этот метод не может быть использован для введения инородных тел в роговицу глаза экспериментального животного.

Способ введения инородных тел в роговицу энуклеированного бычьего глаза путем поднесения его к точилу, обтачивающему металл, предложен в [5], когда частички обрабатываемого металла и абразива отлетают и внедряются в роговицу глаза. Этот метод также имеет ряд недостатков, среди которых наиболее существенными являются следующие:

- в роговицу глаза внедряется не одно, а множество инородных тел;
- в ткани роговицы попадают как химически агрессивные железосодержащие инородные тела, так и химически неагрессивные – кремниевые частицы;
- при таком методе введения к механическому фактору поражения роговицы глаза инородными телами присоединяется и термический фактор – поражение раскаленными частичками металла.

Однако самым основным недостатком этого метода, как показали наши экспериментальные исследования, является то, что введенные инородные тела под мощным воздействием третьего века кролика выходят из раны в первые-вторые сутки, не позволяя проводить длительные клинические наблюдения за ними.

Наиболее близкой к предлагаемым нами микрохирургическим технологиям введения микрочастиц в микрорану сложного профиля роговицы глаза является техника введения металлической стружки или стеклянного осколка в роговицу глаза кролика с помощью скребца, круглого ножа и пинцета [4]. Скребцом делают надрез роговицы на 1/3 ее толщины. В рану вводят круглый нож и производят локальное расслоение роговицы 2×2 мм, куда пинцетом вводится инородное тело.

Следует особо отметить, что основной задачей экспериментатора является максимально точное воспроизведение травмы при внедрении

инородного тела в роговицу глаза больного. При ранениях крупные частицы пробивают роговицу и влетают внутрь глаза и только мелкие частицы застревают в ней. Последние инородные тела бывают настолько маленькими, что их становится видно только под хорошим увеличением щелевой лампы. Исходя из этого метод, предложенный в [4], имеет следующие недостатки:

- немикрохирургические размеры частиц и округлые режущие поверхности скребца и круглого ножа наносят травму тканям, в разы превышающую при попадании инородного тела в роговицу глаза;
- отсутствие маркировки и ограничителей на инструментах исключает возможность сформировать рану строго дозированной длины и глубины;
- при попадании инородного тела в роговицу глаза рана колотая, а не резаная, как в описанной методике.

Отсутствие достаточно полной клинической картины течения травматического процесса в роговице глаза больного при попадании инородных тел делает необходимым изучить этот процесс в эксперименте. Толщина роговицы глаза кролика, которого офтальмологи выбрали в качестве экспериментального животного, колеблется от 0,1 до 0,3 мм. Это создает исследователям большие трудности, чем и объясняется неизученность этой проблемы в эксперименте.

Задавшись целью изучить в эксперименте течение травматического процесса, включая и металлоз, при инородных телах в роговице глаза, мы разработали и изготовили:

- 1) слегка удлиненные микрочастицы размером 0,15–0,25 мм;
- 2) микрохирургический инструмент для работы с этими микрочастицами;
- 3) микрохирургический фотовидеофиксирующий комплекс.

Это позволило решить основную техническую задачу – обеспечить введение микрочастицы в роговицу глаза с надежной фиксацией ее в микроране, чтобы провести длительное изучение течения травматического процесса и металлоза в роговице глаза экспериментального животного. Эта задача была решена за счет того, что универсальным микрохирургическим инструментом на заданной глубине в роговице глаза формируется микрорана необходимого профиля, в которую микрохирург вводит микрочастицу. При этом профиль раны, размеры микрочастицы и особенность ее расположения в ране обеспечивают надежную фиксацию.

Общими принципами для предложенных нами микрохирургических технологий являются:

- диаметр рабочей части микрохирургического инструмента подбирается соответственно диаметру микрочастицы, что позволяет сформировать микрорану одного диаметра с микрочастицей, и это препятствует выпадению ее из раны;
- дозированная маркировка на кончике рабочей части инструмента определяет глубину формируемой микрораны;
- колюще-режущий кончик рабочей части инструмента и эластичность тканей роговицы позволяют сформировать микрорану необходимого профиля, способствующего фиксации микрочастицы в ране;
- дозированный выход толкателя из корпуса микрохирургического инструмента определяет дозированную глубину введения микрочастицы в микрорану.

Предлагаемые нами технологии внедрения микрочастиц в роговицу глаза экспериментального животного основаны на клинических наблюдениях положений инородных тел в роговице глаз больных и профилей раневых каналов.

Микрохирургическая технология введения микрочастиц в микрорану вертикального профиля роговицы глаза (МТВП)

Чаще всего встречаются клинические случаи с прямым профилем раны. Наши первые исследования с формированием такой раны осложнялись тем, что под мощным воздействием третьего века кролика внедренные микрочастицы сначала смещались, а затем выходили из раны, и это происходило в основном на первый-второй день после внедрения. Это послужило основанием для разработки микрохирургической технологии МТВП.

В качестве операционного микроскопа и фотовидеофиксирующего устройства мы использовали МФК, который позволил нам не только проводить микрохирургические операции, но и за счет просмотра и анализа фотовидеофиксации проводимых операций разработать наиболее рациональную микрохирургическую технологию, исключив ошибки.

После аппликационной анестезии роговицы и максимального раскрытия глазной щели векорасширителем под биомикроскопическим контролем острие универсального микрохирургического инструмента перпендикулярно вводится в ткань роговицы глаза до дозирующей маркировки. Легким движением острия микрохирургического инструмента вправо-влево формируется конусовидный профиль микрораны так, чтобы нижняя

часть конуса соответствовала размеру микрочастицы. К входу в микрорану быстро прижимается заряженный микрочастицей микрохирургический инжектор, толкателем микрочастица вводится в микрорану на дозированную глубину. Если положение микрочастицы надо скорректировать, то это делается универсальным микрохирургическим инструментом. На дно конуса располагается микрочастица и упирается в стенки конуса. Сужение конусовидной раны сверху препятствует выходу микрочастицы из раны. Под биомикроскопическим контролем на рану капалась дистиллированная вода до тех пор, пока отек тканей микрораны не зафиксирует микрочастицу.

Микрохирургическая технология введения микрочастиц в микрорану сложного профиля роговицы глаза (МТСП)

В клинике неоднократно приходилось наблюдать, когда у больного с инородным телом рана роговицы шла сначала вертикально, а затем переходила в горизонтальную часть, в которой и находилось инородное тело. В этом случае инородное тело было хорошо зафиксировано в ране и удалить его было очень трудно. Эти клинические наблюдения были положены в основу разработки микрохирургической технологии введения микрочастиц в микрорану сложного профиля роговицы глаза.

Под аппликационной анестезией роговицы и при максимальном раскрытии глазной щели векорасширителем под биомикроскопическим контролем острие рабочей части универсального микрохирургического инструмента перпендикулярно вводится в ткань роговицы глаза до дозирующей метки и поворачивается на 90°, формируя горизонтальную часть микрораны соответственно размерам микрочастицы. Затем быстро к входу раны прижимается заряженный микрохирургический инжектор и толкателем микрочастица вводится на дозированную глубину. Формирование L-образной раны, когда инородное тело укладывается в ее горизонтальной части, исключает его выход из раны. В этом случае нет необходимости в дополнительной фиксации микрочастицы отеком тканей роговицы.

Проведенные многочисленные экспериментальные исследования показали, что микрохирургические технологии введения микрочастиц в микрорану необходимого профиля роговицы глаза экспериментального животного максимально соответствуют травматичности и профилю раны при попадании инородных тел в роговицу глаза больного. Надежная фиксация микрочастиц

в микроране позволила провести длительные клинические наблюдения травматического процесса, включая металлоз в роговице глаза экспериментального животного.

Микрофотовидеофиксирующее устройство (МФВУ)

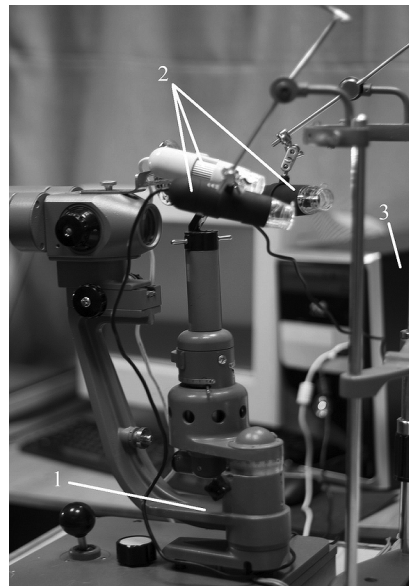
Очень важно отметить, что для изучения раневого процесса и металлоза, в частности, необходимо уметь не только вызвать данную патологию, но и проследить основные этапы ее клинического течения. С этой целью нами разработаны и изготовлены Устройство для микрофотофиксации состояния переднего отрезка глаза (УМГ) и Микрохирургический фотовидеофиксирующий комплекс (МФК) [3].

УМГ позволяет получить четкие изображения микроструктур роговицы и радужной оболочки глаза. МФК предназначен для проведения операции с одновременной фотовидеофиксацией. Этот комплекс может быть широко использован как в клинике, так и при экспериментальных исследованиях. Воплощенные в конструкцию технические решения позволяют использовать МФК для проведения операции с одновременной фотовидеофиксацией, устранения видеопомех, максимальной информативности изображений, позволяющих разработать и задокументировать оптимальную технику проведения микрохирургических операций.

В настоящей статье мы представляем Микрофотовидеофиксирующее устройство (МФВУ), которое имеет дополнительные технические возможности по сравнению с МФК. МФВУ состоит из щелевой лампы, трех цифровых USB-микроскопов, снабженных дополнительными элементами освещения с регулируемой интенсивностью, и персонального компьютера (рисунок).

Щелевая лампа в разработанном комплексе, как и в МФК, используется в качестве операционного микроскопа и в то же время позволяет провести микрофокусировку одного цифрового USB-микроскопа, который крепится к корпусу щелевой лампы и имеет совмещенный с ней фокус, что способствует получению наиболее качественной фото- и видеосъемки независимо от смещения корпуса щелевой лампы.

Крепление двух других цифровых USB-микроскопов осуществляется за счет фиксирующих шарнирных устройств к лицевому уставу щелевой лампы под регулируемым углом к ее оптической оси. Это позволяет менять их положение в трех плоскостях и изменять направление оптической оси цифровых USB-микроскопов в пределах 30° по вертикали и 180° по горизонтали.



Составные части МФВУ: 1 – щелевая лампа, 2 – цифровые USB-микроскопы, 3 – персональный компьютер

Таким образом, цифровые USB-микроскопы обеспечивают возможность вести как видеосъемку, так и делать отдельные фотографии во время операции. Кроме того, изменяемые углы их расположения позволяют проводить фото- и видеофиксацию необходимого объекта сразу с трех ракурсов.

Информация с цифровых USB-микроскопов поступает на персональный компьютер, где она накапливается, обрабатывается и визуализируется. При этом использование ряда компьютерных программ позволяет производить микрометрию отдельных структур, что существенно увеличивает возможности анализа полученных результатов исследования.

В конечном итоге при использовании МФВУ одновременно можно выполнять микрохирургическую операцию и в этом же фокусе проводить фото- и видеосъемку. Входящие в состав комплекса 3 цифровых USB-микроскопа создают дополнительное регулируемое освещение роговицы глаза, что позволяет добиться большей контрастности изображения. Регулируемая подвижность цифровых USB-микроскопов и возможность одновременной фото- и видеосъемки с трех ракурсов дают возможность добиться четкого изображения исследуемого объекта в сочетании с отсутствием световых бликов от поверхности роговицы. Возможность использования дополнительного программного обеспечения позволяет выполнить необходимые линейные микрометрические измерения, что существенно расширяет возможности МФВУ и повышает информативность исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дамбите Г. Р. Металлоз глаза и его лечение. М.: Медицина, 1971. 195 с.
2. Мисюн Ф. А., Вапиров В. В., Поромова И. Ю., Гаврилюк И. О. Микрохирургический комплекс Мисюна для воспроизведения и изучения металлоза роговицы глаза. I. Микрохирургический инструмент для внедрения микрочастиц в роговицу глаза экспериментального животного // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2015. № 8 (153). С. 105–110.
3. Мисюн Ф. А., Вапиров В. В., Поромова И. Ю., Гаврилюк И. О. Микрохирургический комплекс Мисюна для воспроизведения и изучения металлоза роговицы глаза. II. Устройства для проведения микрохирургических операций и микрофотовидеофиксации // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2016. № 2 (155). С. 105–109.
4. Усов В. Я., Жмудь Т. М. Влияние железосодержащих инородных тел на окислительно-восстановительные процессы в роговице при моделировании травматического кератита // Офтальмологический журнал. 2010. № 5. С. 66–68.
5. Collins D. W., Coroneo M. T. Removal of Corneal Foreign Bodies: An instructional Model // Ophthalmic Surgery. 1994. Vol. 25. № 2. P. 99–100.

Misyun F. A., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)
Vapirov V. V., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)
Gavrilyuk I. O., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)

MISYUN'S MICROSURGICAL COMPLEX FOR REPRODUCTION OF CORNEAL METALLOSIS.

III. Microsurgical techniques for inculcation micro particles to the eye's cornea and device for micro photos and videos capture

For the first time microsurgical techniques have been developed for inculcation of micro particles into the eye's cornea with a strong locking mechanism. A developed and manufactured device for micro photos and videos capture (DMPVC) allows performing a multi-view color photos and video capture with a micrometer. Application of the innovative microsurgical technology and new device for micro photo and video capture make it possible to trace metallosis at all stages of its development. A patent claim is filed for microsurgical techniques and DMPVC.

Key words: cornea, eye, microsurgical devices, micro photo/video recording, microsurgery

REFERENCES

1. Dambite G. R. *Metalloz glaza i ego lechenie* [Metallosis of eyes and its treatment]. Moscow, Meditsina Publ., 1971. 195 p.
2. Misyun F. A., Vapirov V. V., Poromova I. Yu., Gavrilyuk I. O. Misyun's microsurgical complex for reproduction and research of corneal metallosis. I. Microsurgical tool for inculcation of micro particles to the eye's cornea of an experimental animal [Mikrokhirurgicheskiy kompleks Misyuna dlya vosproizvedeniya i izucheniya metalloza rogovitsy glaza. I. Mikrokhirurgicheskiy instrument dlya vnedreniya mikrochastits v rogovitsu glaza eksperimental'nogo zhivotnogo]. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta* [Proceedings of Petrozavodsk State University]. 2015. № 8 (153). P. 105–110.
3. Misyun F. A., Vapirov V. V., Poromova I. Yu., Gavrilyuk I. O. Misyun's microsurgical complex for reproduction and research of corneal metallosis. II. Microsurgical devices for conducting microsurgical operations and micro photos and videos capture [Mikrokhirurgicheskiy kompleks Misyuna dlya vosproizvedeniya i izucheniya metalloza rogovitsy glaza. II. Ustroystva dlya provedeniya mikrokhirurgicheskikh operatsiy i mikrofovotvideofiksatsii]. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta* [Proceedings of Petrozavodsk State University]. 2016. № 2 (155). P. 105–109.
4. Usov V. Ya., Zhmud' T. M. Influence of iron-containing foreign bodies on oxidation-reduction processes in the cornea in modeling of traumatic keratitis. [Vliyanie zhelezosoderzhashchikh inorodnykh tel na okislitel'no-vosstanovitel'nye protsessy v rogovitse pri modelirovanii travmaticheskogo keratita]. *Oftal'mologicheskiy zhurnal* [Journal of ophthalmology]. 2010. № 5. P. 66–69.
5. Collins D. W., Coroneo M. T. Removal of Corneal Foreign Bodies: An instructional Model. *Ophthalmic Surgery*. 1994. Vol. 25. № 2. P. 99–100.

Поступила в редакцию 13.05.2016