

8. P. Rehn, A. Wolkenhauer, M. Bente, S. Forster, W. Viol, «Wood surface modification in dielectric barrier discharges at atmospheric pressure» // Surface and Coatings Technology, Volumes 174–175, September–October 2003, Pages 515–518.
9. А. М. Кутепов, А. Г. Захаров, А. И. Максимов, В. А. Титов, «Плазменное модифицирование текстильных материалов: перспективы и проблемы» // Рос.хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 2002, т. XLVI, № 1, с 103.
10. P. Vinogradov, A. Dinkelmann, A. Fateev and A. Lunk, «Deposition of fluorocarbon polymer films in a dielectric barrier discharge (DBD)» // Surface and Coatings Technology, Volumes 174–175, September–October 2003, P. 509–514. DOI: 10.1016/S0257-8972(03)00615.
11. В.М. Елинсон, В.А. Петров, В.И. Смирнов, Т.С. Кузнецова, В.П. Холоденков «Использование холодной плазмы атмосферного давления для инактивации вегетативных и споровых форм микроорганизмов» // Материалы XVIII Международная научно-техническая конференция «Высокие технологии в промышленности России. Материалы и устройства функциональной электроники и микрофотоники», М. 2012, с. 351–355.
12. В.М. Елинсон, А.В. Шведов, Ю.Г. Богданова, Исследование процесса формирования углеродных покрытий, с использованием низкочастотного плазмотрона атмосферного давления в матричном режиме нанесения // Материалы XV-й конференции «Быстрозакалённые материалы и покрытия», М, МАИ, с 217–221.

Разработка биотехнической системы помощи хирургу

*Е.А. Бычков, А.В. Щербачев, И.А. Кудашов, С.И. Шукин, *С.Б. Симакин,
Е.А. Митрофанов

Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана, ул. 2-я Бауманская, д. 5, bmt2.bmstu@yandex.ru

**Москва, НИИВТ им. С.А. Векинского, Нагорный пр., 7, plasma@iontecs.ru*

В статье описаны проблемы оперативной локализации глубоких кровеносных сосудов во время проведения операций для военно-полевой хирургии, а также рассматривается актуальность применения электроимпедансного метода для отслеживания положения скальпеля в процессе движения. Приведены результаты исследований прототипа многослойного металлизированного скальпеля.

Development of a biotechnical system of assistance to the surgeon. E.A.Bychkov, A.V.Shcherbachev, I.A.Kudashov, S.I.Shchukin, S.B.Simakin, E.A.Mitrofanov. The article describes the problems of the operative localization of deep blood vessels during operations for military field surgery and considers the relevance of using an electrical impedance method to track the position of the scalpel during movement. The results of studies of a multi-layer metallized scalpel prototype are given.

Введение

Военно-полевая хирургия - составная часть военной медицины и раздел хирургии, изучающий организацию оказания хирургической помощи раненым на войне, современную боевую патологию и особенности лечения раненых в зависимости от характера боевых действий.

Предмет военно-полевой хирургии - изучение вопросов лечения раненых на войне. Ранение - травма, возникающая в результате воздействия на организм ранящих агентов. Человек, получивший боевую хирургическую травму, называется раненым. К боевой хирургической травме относятся огнестрельные и неогнестрельные ранения, взрывные, механические, термические травмы, комбинированные поражения. Основная цель лечебных мероприятий - сохранение жизни и скорейшее восстановление бое- и трудоспособности у

максимального числа пострадавших военнослужащих, что в настоящее время является наиболее эффективным способом восполнения боевых потерь личного состава воинских формирований [1].

Целью работы является демонстрация возможности применения технологии электроимпедансометрии для отслеживания положения скальпеля в процессе движения, что базируется на теоретических и экспериментальных исследованиях его пригодности для определения перехода из одной биологической среды в другую [2-5].

В данной работе описана технология применения хирургического скальпеля со специально нанесенным покрытием. Нанесение покрытия планируется посредством ионно-плазменной обработки скальпеля в вакууме совместно с научно-исследовательским институтом вакуумной техники им. С.А. Векшинского.

Материалы и методы

Выбор образца мышечной ткани осуществлялся путем подбора лоскута мышцы с чередованием мышечной и жировой ткани, размером 100x60мм. Чередование разных типов биоткани необходимо для моделирования перехода smart-скальпеля из мышечной в жировую и из жировой в мышечную ткань в процессе движения. Это условие необходимо для исследования свойств электрического импеданса, а именно его активной и реактивной составляющей [6,7] в процессе движения скальпеля. Чертеж лабораторного стенда показан на рис. 1.

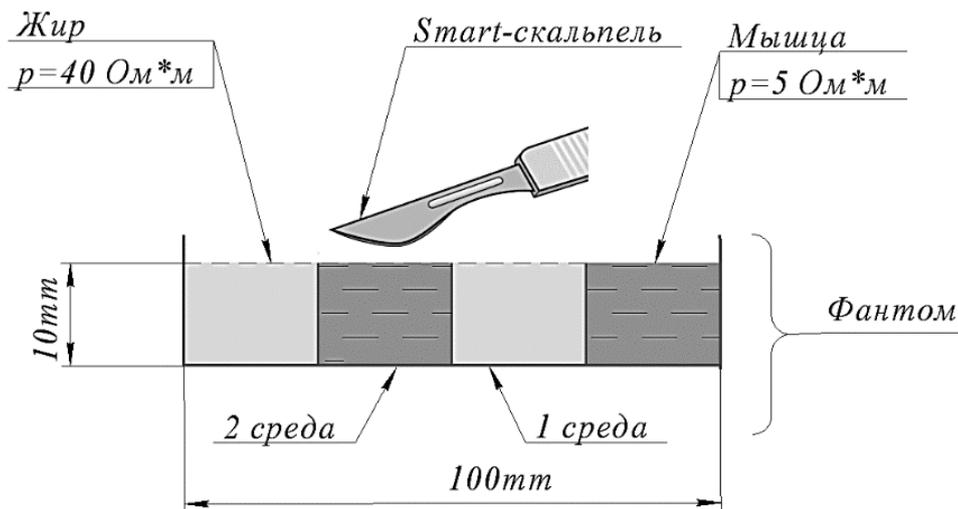


Рис.1. Фантом биологических тканей.

Первая среда толщиной 10 мм, с удельным электрическим сопротивлением $40 \pm 0,5$ Ом·м представляет собой жировую прослойку. Вторая среда – мышечная ткань, имеет толщину 10 мм, ее удельное электрическое сопротивление $5 \pm 0,2$ Ом·м [8,9].

В качестве измерительного преобразователя использовался электроимпедансный спектрометр «Quadra» компании «Eliko».

Smart - скальпель

В настоящее время биоимпедансометрия является одним из перспективных методов определения типа биологической ткани, а также границ перехода из одной биологической среды в другую.

Для выполнения измерений предлагается использовать специальный скальпель, с металлизированным окончанием. Данная конструкция позволяет обойтись без использования дополнительного электрода, при этом сохраняется точность получаемых данных. Прототип Smart-скальпеля представлен на рис. 2.

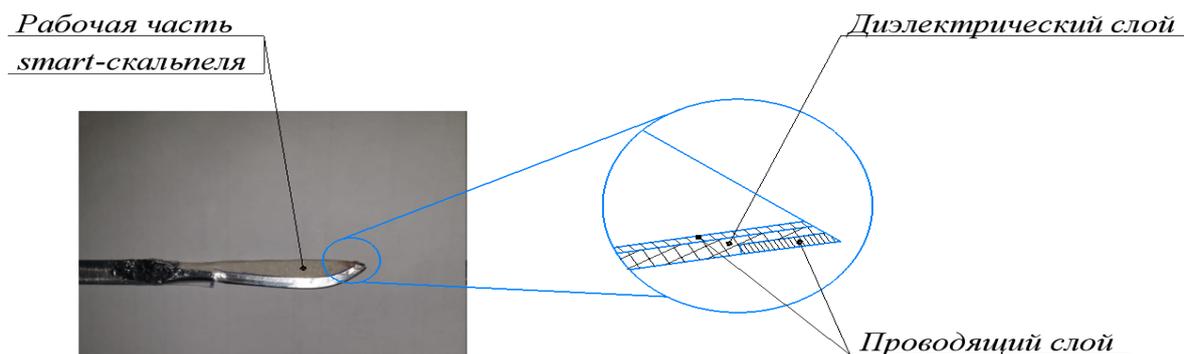


Рис.2. Разработка прототипа Smart – скальпеля.

Измерения проводились между проводящими слоями скальпеля на частотах 1кГц, 2кГц, 3кГц, 7кГц, 11кГц, 17кГц, 23кГц, 31кГц, 43кГц, 61кГц, 89кГц, 127кГц, 179кГц, 259кГц, 349кГц. Измерялась активная составляющая электрического импеданса и его емкостная часть. Основным преимуществом данной конструкции является применение многослойного металлизированного окончания скальпеля с чередованием слоев проводника и диэлектрика [12]. Благодаря такой конструкции, возможно измерить электрический импеданс только в локальной области нахождения режущего лезвия. Что позволяет проводить резекцию ткани с большей точностью по сравнению с традиционными хирургическими методами. [13,14]

Экспериментальное оборудование

Экспериментальные исследования проводились с использованием прибора электроимпедансной спектроскопии в реальном времени «Quadra» [15], краткие технические характеристики которого приведены в Таблице 1.

Таблица 1. Характеристики устройства «Quadra»

Количество частот на спектрограмме	15
Частота развертки спектрограммы	1 мс
Точность и разрешение	0.1 %, 12-BitADC's, 16-Bit DFT
Количество шагов изменения напряжения	255
Количество измерительных каналов	2
Тип, входной импеданс	Дифференциальный, > 10 МΩ

«Quadra» способен измерять спектрограмму из 15 частот со скоростью 1000 измерений в секунду. Компактный корпус включает в себя все необходимое для измерения напряжения и тока срабатывания.

Измеренные ответные сигналы тока и напряжения во временной области используются в качестве входных данных для расчета значений спектров для модуля и фазы в каждой точке частоты. Полученные спектры передаются в приложение на ПК для отображения и/или регистрации. Чтобы гарантировать более низкий уровень шума и ограничить возможность утечки тока возбуждения во время измерений, в устройство встроена батарея с аппаратным и программным обеспечением для ее управления.

Результаты и выводы

По результатам серии измерений на лабораторном стенде можно говорить о высокой стабильности и повторяемости получаемых результатов. На первом этапе исследования производилась регистрация изменения импеданса и фазового сдвига при перемещении

скальпеля из жировой ткани в мышечную. Фрагменты полученных экспериментальных данных приведены на рис. 3.

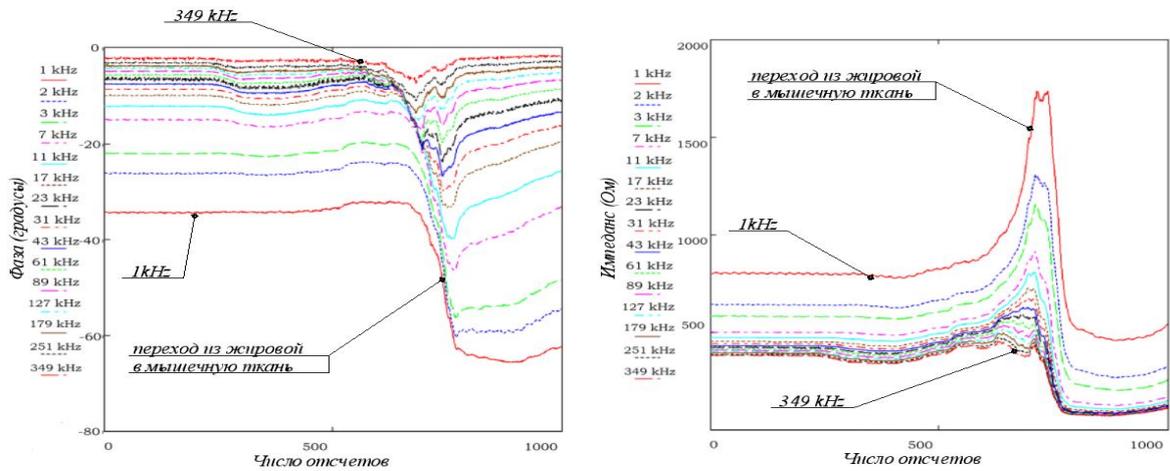


Рис. 3. Фазовый сдвиг при движении скальпеля от жира к мышечной ткани (слева) и регистрируемый электрический импеданс (справа).

Стоит отметить, что на данном графике, как и на всех последующих, сигнал по оси абсцисс представлен в единицах АЦП. Регистрация всех измерений в процессе проведения исследований выполнялась с частотой дискретизации 1 кГц.

Далее рассмотрен переход скальпеля из мышечной ткани в жировую. Фрагменты полученных на данном этапе экспериментальных изменений импеданса и фазового сдвига приведены на рис.4.

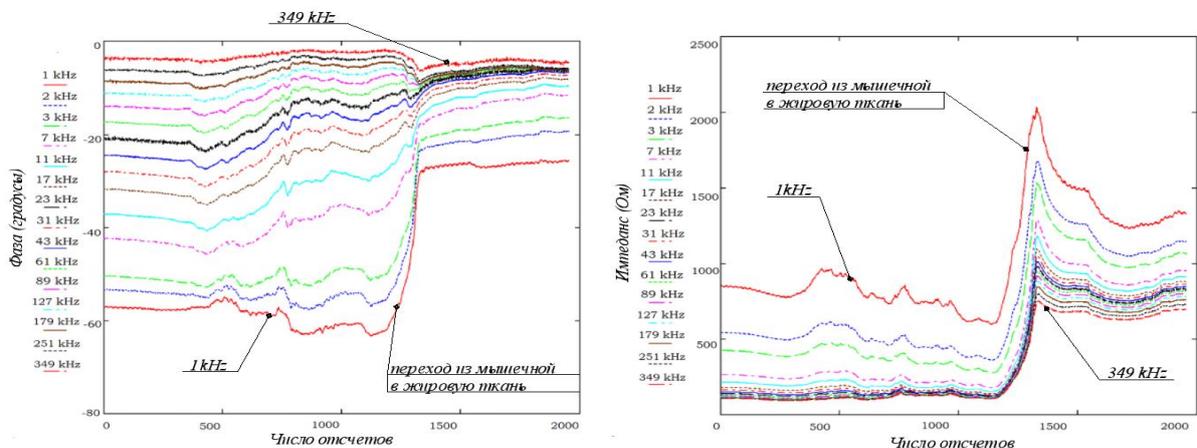


Рис. 4. Регистрируемый фазовый сдвиг при движении скальпеля от мышечной ткани к жировой (слева) и полученные значения импеданса от времени (справа).

На графиках хорошо различимы интервалы, когда металлизированное окончание скальпеля находится в пределах одной среды фантома и переходит в другую среду. По результатам проведенных экспериментальных исследований (рис. 3-4) видно, что с увеличением частоты различие электропроводности между выбранными типами биообъектов уменьшается. Оптимальной частотой с точки зрения распознавания типа биологической ткани, а также безопасной для пациента можно считать частоту в 1 кГц. На данной частоте достигается максимальна разница в моменты перехода – до 2,5 раза при регистрации импеданса и до 2 раз для фазы по сравнению с движением в однородной области.

Кроме того, данный выбор соответствует, положениям ГОСТа электробезопасности зондирующих методов исследований, где безопасной для пациента является частота, не превышающая 1кГц.

Таким образом, по результатам эксперимента можно сделать вывод о эффективности предложенной конструкции прототипа Smart-скальпеля для контроля положения и определения момента перехода режущего лезвия из одной биологической среды в другую.

Заключение

Рассмотрена возможность применения электроимпедансного метода для контроля положения скальпеля в процессе движения. Проведенные на описанном в статье экспериментальном стенде исследования показали достаточную эффективность предложенной конструкции многослойного Smart-скальпеля.

Применённое металлизированное лезвие с последовательным чередованием слоев проводника и диэлектрика обладает хорошей чувствительностью электрического импеданса к переходу из одного типа биологической ткани в другую и позволяет четко определять положение режущей кромки в данный момент времени. Кроме того, предложенное решение демонстрирует низкое влияние глубины рассечения тканей, а также скорости выполнения надреза.

На основании полученных данных сделан вывод о возможности применения электроимпедансных методов в военно-полевой хирургии. Обоснован выбор оптимальной частоты зондирующего сигнала в 1 кГц, поскольку наблюдается максимальное значение чувствительности к переходу из одной ткани в другую.

Литература

1. M.V. Lysenko «Militaryfieldsurgery. Guide to practical exercises», pp 6, 2010.
2. S. Grimnes, ØG. Martinsen. "Bioimpedance and bioelectricity basics". Department of biomedical engineering. Oslo. Norway, pp. 27-29, 2008.
3. H. Kalvoy. "Impedance based tissue discrimination for needle guidance Physiol". Department of biomedical engineering. Oslo. Norway, pp. 129-140, 2009.
4. I.A. Kudashov, S.I. Shchukin, O.V. Belaya, S.Yu. Perov, V.I. Petrov. "The features of the controlling venipuncture electrical impedance method". Biomedical Radioelectronics, no. 7, pp. 15-19, 2015, (in Russ.).
5. H. Saito, T. Togawa. "Detection of needle punctures to blood vessel using puncture force measurement". Saitama. Tokyo, pp 12, 2005.
6. M. Dehghan, S. Rezaei, H. Talebi. "Robust high fidelity needle insertion in soft tissues implemented on a teleoperation system". Preprints of the 18th IFAC World Congress Milano. Italy, pp 11-13, 2011.
7. S. I. Shchukin. "Fundamentals of interaction of physical fields with biological objects", M.: Publishing house of BMSTU, pp 66, 2002 (in Rus.)
8. Dielectric Properties of Body Tissues. Niremf: website. URL: <http://niremf.ifac.cnr.it/tissprop/htmlclie/htmlclie.php> (accessed 05.06.2019).
9. G. Gabriel, S. Gabriel, E. Corthout. "The dielectric properties of biological tissues: I. Literature survey", Physics Department, King's College, Strand. London. pp. 5, 1996.
10. M.B. AL-Harosh, S.I. Shchukin. "The Venous Occlusion Effect To Increase The Accuracy Of Electrical Impedance Peripheral Veins Detection." IFMBE Proceedings (EMBECE & NBC) 2017. Springer, Singapore, 2017. pp 538-541
11. A.I. Malakhov, A.N. Tikhomirov, S.I. Shchukin, I.A. Kudashov, A.V. Kobelev, Yu.N. Belenkov, G.A. Shakaryants, M.V. Kozhevnikova, V .YU. Kaplunova. "Electro-impedance methods for diagnosing heart activity." Kardiologiya 2016, 56, pp 33-39
12. A.V. Shcherbachev, E.A. Bychkov, I.A. Kudashov, A.K. Volkov «Research coaxial needle electrode characteristics for the automated vein puncture control system» Ural Symposium on

- Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBREIT), IEEE Xplore, IEEE Catalog Number: CFP18P00-POD, ISBN: 978-1-5386-4947-3, 2018, pp 37-41
13. A.N.Briko, A.V.Kobelev, S.I.Shchukin. «Electrodes interchangeability during electromyogram and bioimpedance joint recording» Ural Symposium on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBREIT), IEEE Xplore, IEEE Catalog Number: CFP18P00-POD, ISBN: 978-1-5386-4947-3, 2018, pp 17-21
 14. I. A. Kudashov, S.I. Shchukin, M.B. Al-Harosh, “The study of needle electrode characteristics for venipuncture electrical impedance controlling system”, IFMBE Proceedings (EMBE & NBC) 2017, pp 350-353
 15. Qudra website. URL: <https://www.eliko.ee/products/quadra-impedance-spectroscopy/> (accessed 05.06.2019)

Анализ возможностей применения ионно-плазменных технологий при изготовлении медицинских изделий для челюстно-лицевой хирургии (Обзор)

*А.В. Демьянова, *Е.А.Митрофанов, *С.Б.Симакин, А.М.Сипкин*
Москва, ГБУЗ МО «МОНИКИ им. М.Ф.Владимирского», 129110, ул. Щепкина, 61/2,
aleksipkin@bk.ru

ГБУЗ МО Одинцовская Районная больница №2, nastazzy@mail.ru
**Москва, АО «НИИВТ им. С.А.Векшинского», 117105, Нагорный проезд, 7,*
Е.Mitrofanov@niivt.ru, S.Simakin@niivt.ru

Представлен обзор литературных данных о свойствах материалов и покрытий, применяемых при изготовлении медицинских изделий для челюстно-лицевой хирургии, в частности, минипластин и винтов, используемых при остеосинтезе вследствие значительных преимуществ перед другими видами фиксации. Большинство сплавов содержат металлы, оказывающие токсическое воздействие на организм человека. Применение одновременно изделий из сплавов с отличающейся электропроводностью вызывает гальванизм. Предлагается в качестве защиты от воздействия указанных факторов использовать сформированное в вакууме покрытие из карбида кремния, успешно апробированное в стоматологии.

Analysis of ion-plasma technology application in manufacturing of medical products for maxillofacial surgery. A.V.Demiyanova, E.A.Mitrofanov, S.B.Simakin, A.M.Sipkin. This paper concerns with revue of published data about properties of materials and coatings, which are applied for maxillofacial mini-plates manufacturing. They are used at osteosynthesis in maxillofacial surgery because of considerable advantages over other forms of fixation. Most of alloys contain toxic metals. Application of materials, which possess different electrical conductivity, leads to galvanic effects. It is supposed to use silicon carbide coating deposited in vacuum to decrease negative influence of toxic elements to a man. It was successfully applied in dentistry.

Введение

На сегодняшний день во всем мире отмечается тенденция к росту травматизма. Данное явление связано с развитием индустриализации общества, доступностью различных видов оружия, повышением общего уровня стресса среди населения крупных городов и других факторов. [1,2]