

## КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОГО ОТЕКА НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ И СИНОВИТА КОЛЕННОГО СУСТАВА МЕТОДОМ БИОИМПЕДАНСНОГО АНАЛИЗА У ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СПОРТСМЕНОВ ПОСЛЕ ПЛАСТИКИ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ

**М.Н. Величко**<sup>1</sup>, [maxveldoc@yandex.ru](mailto:maxveldoc@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0003-1859-0857>

**А.Ю. Терсков**<sup>1</sup>, [terskov.72@mail.ru](mailto:terskov.72@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-0568-1437>

**А.М. Белякова**<sup>1</sup>, [md.belyakova@gmail.com](mailto:md.belyakova@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-1746-0578>

**С.П. Щелькалина**<sup>2</sup>, [svetlanath@gmail.com](mailto:svetlanath@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0003-3292-8949>

**А.В. Бодров**<sup>1</sup>, [bodroff.antoha@yandex.ru](mailto:bodroff.antoha@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0002-5753-2070>

<sup>1</sup>Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна

Федерального медико-биологического агентства России, Москва, Россия

<sup>2</sup>Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова, Москва, Россия

**Аннотация.** Цель исследования: опробовать методику количественной оценки динамики послеоперационного отека нижних конечностей и выпота в коленном суставе после хирургических вмешательств на коленном суставе методом биоимпедансного анализа. **Материалы и методы.** В статье приведено описание пятнадцати клинических случаев обследования спортсменов высокой квалификации на анализаторе обменных процессов АВС-02 «МЕДАСС». Всем атлетам выполнено исследование по четырехканальной и двухканальной методикам до операции, а затем в различные сроки после нее на последовательных этапах реабилитации. Для оценки выраженности послеоперационного отека ног на частоте исследования 5 кГц выполнен анализ содержания свободной жидкости в сегментах тела. Далее выполнена оценка локального электрического сопротивления области коленного сустава по разработанной авторами методике. Пяти атлетам выполнено исследование локального сопротивления до и после пункции коленного сустава с подсчетом количества эвакуированной жидкости. Все полученные данные оценены с помощью программного обеспечения «МЕДАСС» АВС 045 и «МЕДАСС» АВС 026. **Результаты.** Сегментарный биоимпедансный анализ показал закономерное уменьшение сопротивления в оперированной конечности после операции с постепенным выравниванием показателей между конечностями по ходу реабилитации. Измерение местного сопротивления области коленного сустава выявило заметное увеличение сопротивления в этом сегменте после пункции – на 3–26 % после эвакуации 25–30 мл жидкости. **Заключение.** Метод биоимпедансного анализа может применяться в клинической практике для количественной оценки динамики изменения послеоперационного отека и выраженности синовиита после операций на коленном суставе.

**Ключевые слова:** биоимпедансный анализ, свободная жидкость в суставе, коленный сустав, пластика передней крестообразной связки, спортсмены высокой квалификации, биоимпедансный анализатор обменных процессов АВС-02 «МЕДАСС»

**Для цитирования:** Количественная оценка послеоперационного отека нижних конечностей и синовиита коленного сустава методом биоимпедансного анализа у профессиональных спортсменов после пластики передней крестообразной связки на различных этапах послеоперационной реабилитации / М.Н. Величко, А.Ю. Терсков, А.М. Белякова и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2022. Т. 22, № 4. С. 187–194. DOI: 10.14529/hsm220422

## QUANTITATIVE ASSESSMENT OF POSTOPERATIVE LOWER LIMB EDEMA AND KNEE SYNOVITIS BY BIOIMPEDANCE ANALYSIS IN PROFESSIONAL ATHLETES AFTER ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT SURGERY

*M.N. Velichko*<sup>1</sup>, [maxveldoc@yandex.ru](mailto:maxveldoc@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0003-1859-0857>

*A.Yu. Terskov*<sup>1</sup>, [terskov.72@mail.ru](mailto:terskov.72@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-0568-1437>

*A.M. Belyakova*<sup>1</sup>, [md.belyakova@gmail.com](mailto:md.belyakova@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-1746-0578>

*S.P. Shchelykalina*<sup>2</sup>, [svetlanath@gmail.com](mailto:svetlanath@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0003-3292-8949>

*A.V. Bodrov*<sup>1</sup>, [bodroff.antoha@yandex.ru](mailto:bodroff.antoha@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0002-5753-2070>

<sup>1</sup>*Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency of Russia, Moscow, Russia*

<sup>2</sup>*Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia*

**Abstract. Aim.** The paper aims to test bioimpedance analysis for quantitative assessment of postoperative lower limb edema and knee joint effusion after knee surgery. **Materials and methods:** the paper contains a description of 15 clinical cases of the examination of highly skilled athletes by means of the ABC-02 “MEDASS” metabolic analyzer. Before and at certain time points after the surgery, all athletes were examined with a four-channel and a two-channel system. Edema severity was assessed with an analysis of free fluid in body segments at a frequency of 5 kHz. Then, the local resistance of the knee joint area was assessed using the authors’ method. Five athletes underwent a study of local resistance before and after evacuation of the fluid from the knee joint, with the amount of the fluid being recorded. All obtained data were processed with the “MEDASS” ABC 045 and “MEDASS” ABC 026 software. **Results.** Segmental bioimpedance analysis showed a regular decrease in the resistance of the limb after surgery with a gradual equalization of parameters between the limbs over the rehabilitation period. Measurement of local resistance of the knee joint area revealed a noticeable increase of 3–26% in segment resistance after the evacuation of 25–30 ml of fluid. **Conclusion:** The bioimpedance analysis can be used in clinical practice to quantify the dynamics of postoperative edema and the severity of synovitis after knee surgery.

**Keywords:** bioimpedance analysis, free fluid, knee joint, anterior cruciate ligament, highly skilled athletes, bioimpedance analyzer, metabolic processes, ABC-02 “MEDASS”

**For citation:** Velichko M.N., Terskov A.Yu., Belyakova A.M., Shchelykalina S.P., Bodrov A.V. Quantitative assessment of postoperative lower limb edema and knee synovitis by bioimpedance analysis in professional athletes after anterior cruciate ligament surgery. *Human. Sport. Medicine*. 2022;22(4):187–194. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm220422

**Введение.** Биоимпедансный анализ состава тела (электрический импеданс) – неинвазивная медицинская диагностическая технология комплексной оценки водного, липидного и белкового обмена. В качестве исходных данных используются результаты антропометрических измерений и измерений параметров электрической проводимости тела человека [1, 2].

Биоимпедансный анализ широко применяется в медицине в качестве диагностического метода и способа динамического мониторинга состояния пациента с целью планирования инфузионной терапии, подбора препаратов для лечения сердечно-сосудистых заболеваний и контроля эффективности терапии.

Биоимпедансометрические исследования вошли в медицинскую практику в качестве методики, позволяющей получать информацию как в однократном, так и мониторинговом режимах, не принося в организм изменений или риска развития осложнений, свойственных инвазивным методам. Отсутствие инерционности и безопасность биоимпедансных измерений позволяют использовать их в качестве средства мониторинга у самых тяжелых больных, в том числе и в медицине критических состояний [1, 11].

В настоящее время биоимпедансные технологии используются, например, в протезировании – для определения плотности прилегания протеза. Для оценки влияния различных комплектующих протезов исследователи кон-

тролируют объемы жидкости в культе. Так, специально разработанная стационарная система анализа сопротивления использовалась для мониторинга свободной жидкости у пациентов с транстибиальной ампутацией [10].

В хирургии описано использование полисегментных биоимпедансных исследований для мониторинга объема интраперитонеальной жидкости при тестировании перитонеального равновесия [12, 14].

Измерения электрического сопротивления используются флебологами для оценки результатов лечения отека нижних конечностей при венозной недостаточности [5, 7], а также кардиологами – для оценки объема внеклеточной жидкости у пациентов, перенесших операцию шунтирования коронарных артерий [9].

Биоимпедансные технологии стали привычным инструментом в практике спортивных врачей для контроля эффективности восстановительного лечения атлетов. Часто их применяют для оперативного обследования спортсменов в динамике тренировочного цикла силами штатного медицинского персонала спортивных клубов и школ. Это позволяет судить об уровне физической подготовленности спортсменов на всех этапах тренировочного цикла в режиме мониторинга, например, для отслеживания состояния спортсмена на разных этапах подготовки к соревнованиям. Исследованию состава тела спортсменов посвящено большое количество публикаций [1, 2, 4, 13].

Биоимпедансный анализ состава тела основан на наличии объективных и устойчивых закономерностей, связывающих измеренные значения электрического сопротивления с параметрами состава тела. Эти закономерности вытекают как из физических моделей тела и его сегментов, так и из статистических зависимостей между антропометрическими, физическими и другими переменными, характеризующими человеческий организм. Биоимпедансный анализ состава тела заключается в первую очередь в оценке количества жидкости в биообъекте, так как именно жидкая среда создает активную составляющую проводимости [1, 2, 8].

Для определения объема внеклеточной жидкости (ВКЖ) в биоимпедансных анализаторах используют низкую частоту, как правило 5 кГц, а для оценки объема общей воды организма (ОВО) используют более высокую – 50 кГц [1, 8].

Биоимпедансные технологии позволяют исследовать не только общий состав тела человека, но и состав его отдельных сегментов. Как правило, данными сегментами являются верхние и нижние конечности, голова и туловище [3, 6]. Можно сузить область исследования до меньших сегментов (например до области коленного сустава). С уменьшением размеров исследуемых участков сегментный анализ переходит в локальный [9]. Используя метод локального исследования, мы можем получить данные для области оперированного коленного сустава и сравнить их с такими для контралатеральной здоровой области.

В исследованиях области тела (часть конечности обычно рассматривают как квазицилиндрический объект) опираются на следующие широко известные положения. Первое: гидратация исследуемого участка тканей обратно пропорциональна значениям сопротивления этого участка. В формулах расчета количества жидкости продольное сопротивление в степени  $-1$ . Второе: сопротивление локального участка пропорционально длине исследуемой области и ее удельному сопротивлению и обратно пропорционально площади поперечного сечения.

**Материалы и методы.** На базе отделения спортивной травматологии и спортивной медицины Федерального медицинского биофизического центра им. А.И. Бурназяна ФМБА России для отработки методики было проведено биоимпедансное обследование 15 пациентов. Все они на момент исследования являлись членами сборных команд РФ по различным видам спорта. Исследование включало в себя биоимпедансный анализ до реконструктивной операции на коленном суставе (пластика передней крестообразной связки), после операции, а затем аналогичные исследования проводились на этапах реабилитации. Пяти пациентам из данной группы выполнено локальное биоимпедансное исследование области коленного сустава до и после его пункции с эвакуацией жидкости.

Биоимпедансное исследование было выполнено на биоимпедансном анализаторе обменных процессов и состава тела АВС-02 «МЕДАСС» с полисегментной технологией. При этой методике электроды накладываются на дистальные отделы нижних и верхних конечностей – кисти и стопы. Для исследования использовали биоадгезив-

ные кардиографические электроды с креплением «под крокодил». Для исследования содержания общего количества жидкости в организме спортсменов электроды накладывали в соответствии с рекомендованной производителем прибором схемой [2]. Для локального биоимпедансного обследования области коленных суставов использовалась разработанная авторами методика наложения электродов, а именно: электроды на бедренной кости устанавливаются на 3–4 поперечных пальца (6 см) выше верхнего полюса надколенника, токовые на 4 см проксимальнее. На большеберцовой кости измерительные электроды устанавливались кнаружи от гребня большеберцовой кости на уровне бугристости, токовые – на 4 см дистальнее. Обследование всегда выполнялось утром до приема пищи в положении пациента лёжа на спине. Прecedуре предшествовал 10 минутный отдых в исходном положении. После отдыха производились измерения по стандартной методике [2]. Затем электрод перемещали на область коленных суставов для локального исследования. Пяти

пациентам, не отклеивая электродов, делали пункцию коленного сустава и повторно проводили замеры по той же методике для локального обследования.

**Результаты исследования.** Значения сопротивления тканей на частоте 5 Гц для 15 обследованных спортсменов до и после операции представлены в таблице.

У восьми пациентов, которым были произведены измерения до операции и на момент выписки, определялась сходная тенденция. Она заключалась в изменении сопротивления в оперированном коленном суставе в сторону уменьшения на фоне послеоперационного отека (рис. 1).

У 6 из 7 пациентов, кому было произведено биоимпедансное исследование в начале и конце I этапа реабилитационных мероприятий, определялась сходная тенденция. Она заключалась в изменении сопротивления в оперированном коленном суставе в сторону уменьшения на фоне ответной реакции коленного сустава на нагрузку в виде умеренного отека (рис. 2).

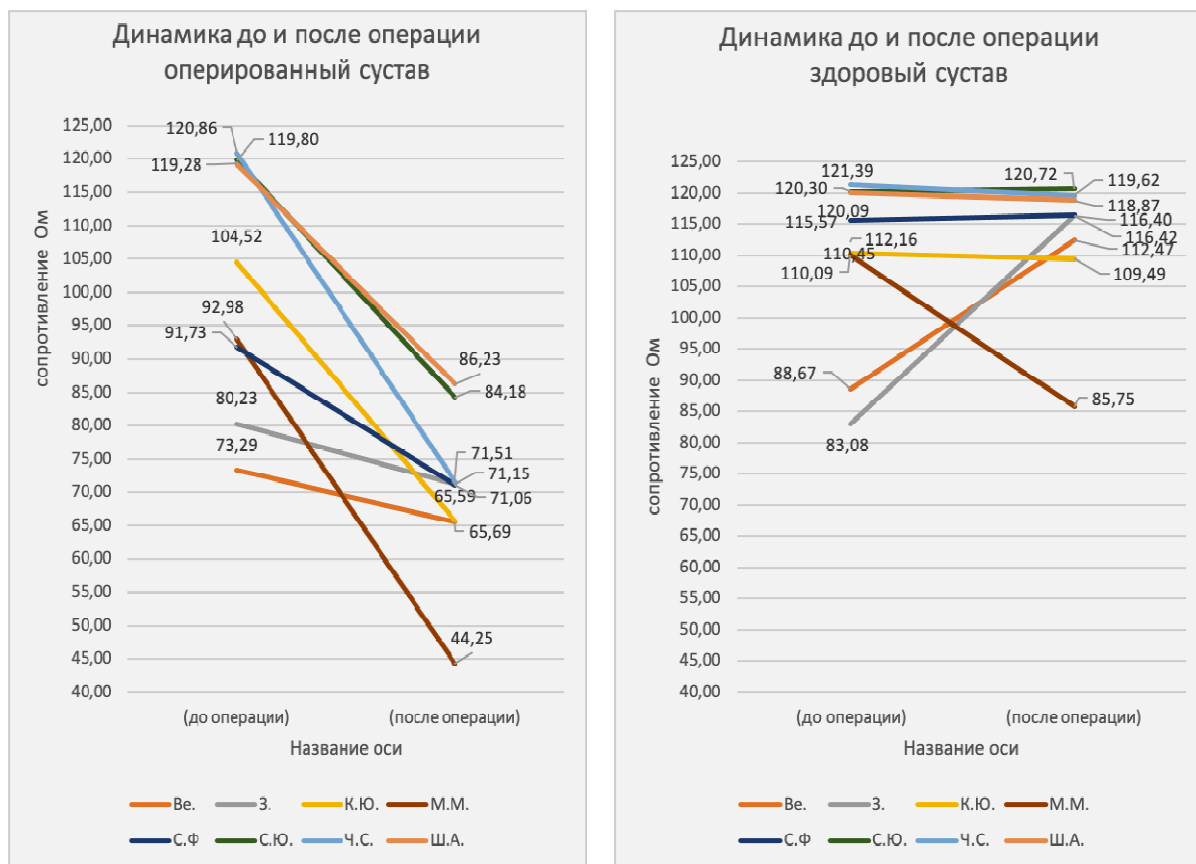


Рис. 1. Графическое представление изменений сопротивлений оперированной и здоровой конечностей до и после операции

Fig. 1. Differences in resistance between the operated and healthy limbs before and after surgery

Изменение сопротивления тканей оперированной и здоровой конечностей в послеоперационном периоде  
Tissue resistance changes in the operated and healthy limbs in the postoperative period

Пациент Patient	Опер. R5.Ом (до операции) Operated limb (before surgery)	Здор. R5.Ом (до операции) Healthy limb (before surgery)	Опер. R5.Ом (после операции) Operated limb (after surgery)	Здор. R5.Ом (после операции) Healthy limb (after surgery)	Опер. R5.Ом (реаб. начало) Operated limb (rehabilitation – beginning)	Здор. R5.Ом (реаб. начало) Healthy limb (rehabilitation – beginning)	Опер. R5.Ом (реаб. конец) Operated limb (rehabilitation – end)	Здор. R5.Ом (реаб. конец) Healthy limb (rehabilitation – end)
В.	108,48	104,77	–	–	48,28	113,25	–	–
Вe.	73,29	88,67	65,59	112,47	–	–	–	–
З.	80,23	83,08	71,15	116,42	–	–	–	–
К.Ю.	104,52	110,45	65,69	109,49	81,35	118,99	67,46	79,53
К.В.	109,70	112,16	–	–	78,80	112,13	57,70	101,63
Ку.В.	86,83	85,38	–	–	55,65	88,73	–	–
Л.Д.	–	–	–	–	72,55	114,42	60,04	106,19
М.М.	92,98	110,09	44,24	85,75	–	–	–	–
О.В.	–	–	–	–	97,38	117,36	81,66	90,73
С.П.	–	–	–	–	67,67	93,69	66,92	101,02
С.С.	–	–	–	–	90,95	114,40	85,62	101,20
С.Ф.	91,72	115,57	71,05	116,40	70,45	96,77	85,69	116,44
С.Ю.	119,80	120,30	84,18	120,72	–	–	–	–
Ч.С.	120,86	121,39	71,50	119,62	105,14	121,04	66,92	103,62
Ш.А.	119,27	120,09	86,23	118,87	–	–	–	–

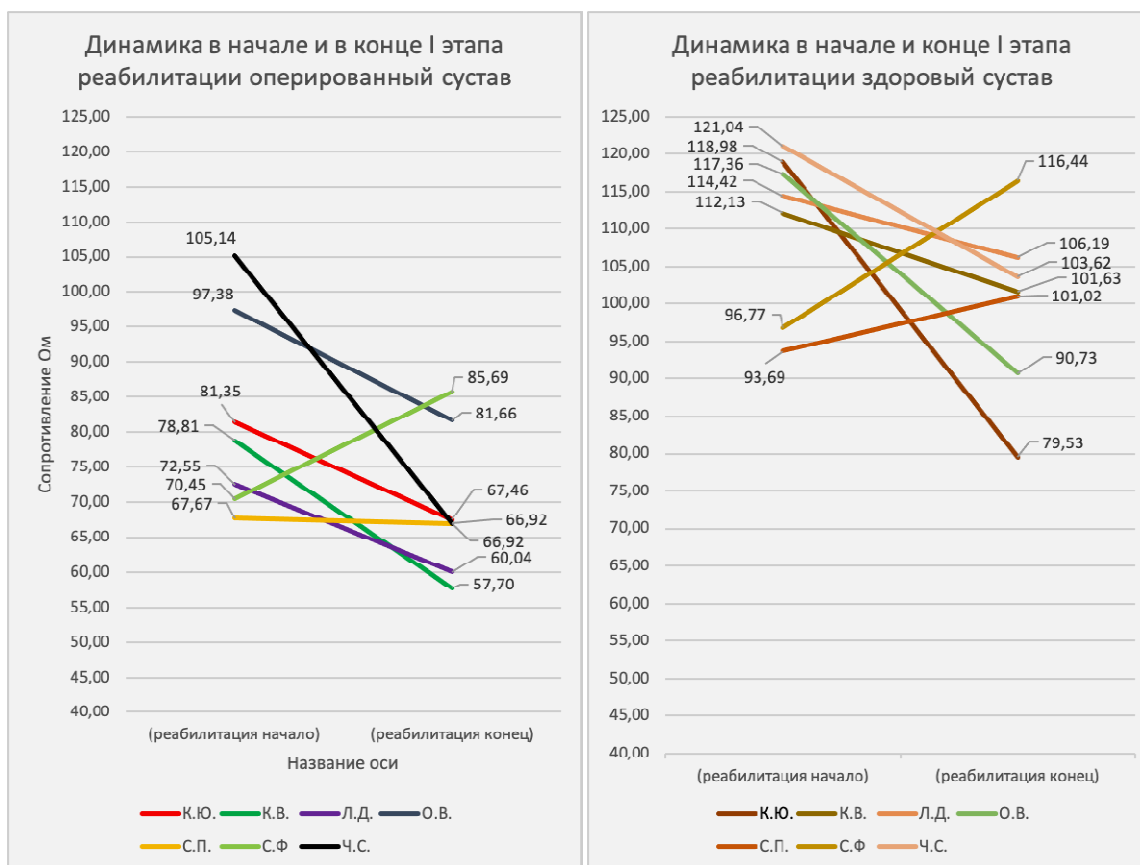


Рис 2. Графическое представление изменений сопротивлений оперированной и здоровой конечностей на I этапе реабилитации (начало реабилитационных мероприятий и конец)  
Fig. 2. Differences in resistance between the operated and healthy limbs at the beginning and end of the first phase of rehabilitation

**Обсуждение.** Сохранение отека на протяжении реабилитационного периода после оперативного вмешательства является актуальной проблемой современной восстановительной медицины и реабилитации. Данное состояние влияет на качество и скорость реабилитации пациентов [11].

Полученные нами данные, а именно об уменьшении сопротивления в оперированной конечности после операции, свидетельствуют о наличии тканевого отека. Исследование проводилось на частоте 5 Гц. На данной частоте внутриклеточная жидкость не вносит значимого вклада в общую проводимость (1,2). Из этого следует, что цифры в основном отражают динамику изменения внеклеточной жидкости. Чем меньше сопротивление в сегменте, тем больше в нем свободной жидкости.

Графики изменения сопротивлений отражают вышеописанные закономерности. Так, на рис. 1 отмечается выраженное снижение сопротивления в оперированной конечности после операции (исследование проводилось до операции и в день выписки, в среднем на

7-е сутки после операции). Интересно, что при этом в здоровой ноге сопротивление практически не меняется или повышается. Последнее, вероятно, может быть связано с мышечной гипотрофией и связанной с этим потерей свободной жидкости. Всего в одном случае имело место снижение сопротивления в здоровой конечности.

Еще показательней картина изменения сопротивлений на протяжении первой фазы реабилитации (она начиналась в среднем через 4 недели после операции). Динамика сопротивлений представлена на рис. 2. Сопротивление продолжает снижаться в оперированной конечности. Но теперь аналогичная картина наблюдается и в здоровой. Такое изменение, вероятно, связано с увеличением отека оперированной конечности на фоне реабилитационных мероприятий. Причины увеличения свободной жидкости в левой ноге остаются неизвестными. Может быть, имеет место нарушение венозного оттока от конечности, вследствие длительного бездействия. Снижение сопротивлений в здоровой ноге

происходит на меньшую величину в сравнении с оперированной конечностью.

В ходе наших исследований выяснилось, что локальный вариант биоимпедансного исследования является достаточно чувствительным для фиксации изменений объема внутрисуставного выпота. В частности, эвакуация от 20 до 75 мл жидкости выражается в увеличении сопротивления области коленного сустава на 3,63–6,32 %.

Выпот в коленном суставе – это ответная реакция организма на хирургическую травму или нагрузку. Целью наших экспериментов была попытка количественной оценки данной реакции. Первый опыт показывает рации-

ональность использования для этой цели изменений текущих значений сопротивления. Однако для разработки воспроизводимого клинического метода необходимо продолжить исследование.

**Заключение.** Опробованная технология биоимпедансного анализа проста, неинвазивна и позволяет выполнять мониторинг количества свободной жидкости в оперированной конечности и выпота в коленном суставе. Эта технология имеет перспективы применения в клинической практике для количественной оценки динамики послеоперационного отека и выраженности синовита после операций на коленном суставе.

### Список литературы / References

1. Николаев Д.В., Смирнов А.В., Бобринская И.Г., Руднев С.Г. Биоимпедансный анализ состава тела человека. М.: Наука, 2009. 392 с. [Nikolaev D.V., Smirnov A.V., Bobrinskaya I.G., Rudnev S.G. *Bioimpedansniy analiz sostava tela cheloveka* [Bioimpedance Analysis of Body Composition], Moscow, Science Publ., 2009. 392 p.]
2. Николаев Д.В., Щелькалина С.П. Лекции по биоимпедансному анализу состава тела человека. М.: РИО ЦНИИОИЗ МЗ РФ, 2016. 152 с. [Nikolaev D.V., Shchelykalina S.P. *Lekcii po bioimpedansnomu analizu sostava tela cheloveka* [Lectures on Bioimpedance Analysis of Body Composition]. Moscow, 2016. 152 p.]
3. Bartels E.M., Sørensen E.R., Harrison A.P. Multi-Frequency Bioimpedance in Human Muscle Assessment. *Physiology Rep.*, 2015, vol. 3 (4), e12354. DOI: 10.14814/phy2.12354
4. Castizo-Olier J., Iurtia A., Jemni M. et al. Bioelectrical Impedance Vector Analysis (BIVA) in Sport and Exercise: Systematic Review and Future Perspectives. *PLoS One*, 2018, vol. 13 (6), e0197957. DOI: 10.1371/journal.pone.0197957
5. Cannon T., Choi J. Development of a Segmental Bioelectrical Impedance Spectroscopy Device for Body Composition Measurement. *Sensors (Basel)*, 2019, vol. 19 (22), 4825. DOI: 10.3390/s19224825
6. Cavanaugh J.T., Powers M. ACL Rehabilitation Progression: Where Are We Now? *Curr Rev Musculoskelet Medicine*, 2017, vol. 10 (3), pp. 289–296. DOI: 10.1007/s12178-017-9426-3
7. Lukaski H.C., Vega Diaz N., Talluri A., Nescolarde L. Classification of Hydration in Clinical Conditions: Indirect and Direct Approaches Using Bioimpedance. *Nutrients*, 2019, vol. 11 (4), p. 809. DOI: 10.3390/nu11040809
8. Di Vincenzo O., Marra M., Scalfi L. Bioelectrical Impedance Phase Angle in Sport: a Systematic Review. *Journal Int Soc Sports Nutr.*, 2019, vol. 16 (1), p. 49. DOI: 10.1186/s12970-019-0319-2
9. Patel R.V., Matthie J.R., Withers P.O. et al. Estimation of Total Body and Extracellular Water Using Single- and Multiple-Frequency Bioimpedance. *Ann Pharmacother.*, 1994, vol. 28(5), pp. 565–569. DOI: 10.1177/106002809402800501
10. Hinrichs P., Cagle J.C., Sanders J.E. A Portable Bioimpedance Instrument for Monitoring Residual Limb Fluid Volume in People with Transtibial Limb Loss: A Technical Note. *Medicine English Physiology*, 2019, vol. 68, pp. 101–107. DOI: 10.1016/j.medengphy.2019.04.002
11. Khalil S.F., Mohhtar M.S., Ibrahim F. The Theory and Fundamentals of Bioimpedance Analysis in Clinical Status Monitoring and Diagnosis of Diseases. *Sensors (Basel)*, 2014, vol. 14 (6), pp. 10895–10928. DOI: 10.3390/s140610895
12. Fansan Zhu., Abbas S.R., Bologna R.M. et al. Monitoring of Intraperitoneal Fluid Volume during Peritoneal Equilibration Testing using Segmental Bioimpedance. *Kidney Blood Press Reserch*, 2019, vol. 44 (6), pp. 1465–1475. DOI: 10.1159/000503924
13. Bartels E.M., Andersen E.L., Olsen J.K. et al. Muscle Assessment Using Multi-Frequency Bioimpedance in a Healthy Danish Population Aged 20–69 Years: a Powerful Non-Invasive Tool in Sports and in the Clinic. *Physiology Rep.*, 2019, vol. 7 (11), e14109. DOI: 10.14814/phy2.14109

14. Luciana Ventura Cardoso, Maria de Fátima Guerreiro Godoy, Rildo César Nunes Czorny, José Maria Pereira de Godoy. Using Bioelectrical Impedance Analysis to Compare the Treatment of Edema with the Unna's Boot and Noncompression in Individuals with Venous Ulcers. *Journal of Vascular Nursing*, 2019, vol. 37, iss. 1, pp. 58–63. DOI: 10.1016/j.jvn.2018.11.003

**Информация об авторах**

**Величко Максим Николаевич**, заведующий отделением спортивной травматологии и спортивной медицины Центра спортивной травматологии и спортивной медицины, Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства России, Москва, Россия.

**Терсков Александр Юрьевич**, кандидат медицинских наук, руководитель Центра спортивной травматологии и реабилитации, Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства России, Москва, Россия.

**Белякова Анна Михайловна**, кандидат медицинских наук, врач по спортивной медицине Центра спортивной медицины и реабилитации, Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства России, Москва, Россия.

**Щелькалина Светлана Павловна**, кандидат медицинских наук, доцент кафедры медицинской кибернетики и информатики, Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова, Москва, Россия.

**Бодров Антон Владимирович**, ординатор Центра спортивной травматологии и спортивной медицины, Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства России, Москва, Россия.

**Information about the authors**

**Maxim N. Velichko**, Head of the Department of Sports Traumatology and Sports Medicine, Center for Sports Traumatology and Sports Medicine, Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency of Russia, Moscow, Russia.

**Alexander Yu. Terskov**, Candidate of Medical Sciences, Head of the Center for Sports Traumatology and Rehabilitation, Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency of Russia, Moscow, Russia.

**Anna M. Belyakova**, Candidate of Medical Sciences, Physician (Sports Medicine), Center for Sports Medicine and Rehabilitation, Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency of Russia, Moscow, Russia.

**Svetlana P. Shchelykalina**, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Medical Cybernetics and Informatics, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia.

**Anton V. Bodrov**, Resident Physician, Center for Sports Traumatology and Sports Medicine, Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency of Russia, Moscow, Russia.

**Статья поступила в редакцию 22.08.2022**

**The article was submitted 22.08.2022**