



Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «ЯРОСЛАВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. К. Д. УШИНСКОГО»

---

# **БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА**

## **SECURITY OF HUMAN HEALTH**

**Электронный научный журнал**

**2016 – № 1**

Ярославль  
2016

## УЧРЕДИТЕЛЬ:

ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет им. К. Д. Ушинского»

**Безопасность здоровья человека = Security of Human Health:** электронный научный журнал. – Ярославль : РИО ЯГПУ, 2016. – № 1. – 66 с.  
2016, № 1.

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**А.Г. Гуцин**, (главный редактор), доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности Ярославского государственного педагогического университета им. К.Д. Ушинского

**А.В. Муравьев**, (зам. главного редактора), доктор биологических наук, профессор кафедры медико-биологических основ спорта Ярославского государственного педагогического университета им. К.Д. Ушинского

**А.Д. Викулов**, доктор биологических наук, профессор, декан факультета физической культуры Ярославского государственного педагогического университета им. К.Д. Ушинского

**А.А. Баранов**, доктор медицинских наук, профессор, проректор по научно-исследовательской работе Ярославского государственного медицинского университета

**М.М. Фатеев**, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой медицинской физики Ярославского государственного медицинского университета

**Н.Н. Тятенкова**, доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии человека и животных Ярославского государственного университета им. П.Г.Демидова

**Р.И. Айман**, доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заведующий кафедрой анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности Новосибирского государственного педагогического университета

**А.Б. Бакиров**, директор ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», доктор медицинских наук, профессор, академик Академии наук Республики Башкортостан

**Ш.А. Балгимбеков**, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой анатомии, физиологии, гигиены и безопасности жизнедеятельности Казахского национального педагогического университета имени Абая (Казахстан)

**А.В. Грибанов**, доктор медицинских наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заслуженный работник высшей школы РФ, директор Института медико-биологических исследований Северного (Арктического) федерального университета (г. Архангельск)

**А.Б. Гудков**, доктор медицинских наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, заведующий кафедрой гигиены и медицинской экологии Северного государственного медицинского университета (г. Архангельск)

**В.В. Зинчук**, доктор медицинских наук, профессор, проректор по научной работе Гродненского государственного медицинского университета (Беларусь)

**С.И. Колесников**, доктор медицинских наук, академик РАН, советник РАН, заслуженный деятель науки РФ, профессор Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова

**Г.Я. Левин**, доктор медицинских наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, руководитель отделения гравитационной хирургии и гемодиализа ФГБУ «Приволжский федеральный медицинский исследовательский центр» (г. Нижний Новгород)

**В.В. Малышев**, доктор медицинских наук, профессор кафедры микробиологии Военно-медицинской академии имени С. М. Кирова, руководитель группы изучения медицинских и биологических угроз экологической безопасности Санкт-Петербургского Научно-исследовательского центра экологической безопасности РАН (г. Санкт-Петербург)

Публикуемые в журнале материалы рецензируются членами редакционной коллегии.

Адрес редакции: 150000, г. Ярославль, Республиканская ул., 108

Тел.: (4852)72-64-05 (издательство)

Адрес в Интернете: <http://sohhj.ru/>

Свидетельство о регистрации средства массовой информации

(Министерство Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций)

ЭЛ № ФС77-64923 от 24 февраля 2016 г.

© ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет им. К. Д. Ушинского», 2016  
© Авторы статей, 2016

#### **FOUNDING PARTY:**

FSBEI HE «Yaroslavl State Pedagogical University named after K. D. Ushinsky»

**Безопасность здоровья человека = Security Of Human Health** : a scientific electronic magazine. – Yaroslavl: RIO YSPU, 2016. – № 1. – 66 p.  
2016, № 1.

#### **THE EDITORIAL BOARD:**

**A.G. Gushchin**, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Life Safety Department of Yaroslavl State Pedagogical University named after K. D. Ushinsky (Editor-in-Chief)

**A.V. Muravyov**, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Medical and Biological Bases of Sports Department of Yaroslavl State Pedagogical University named after K. D. Ushinsky (Deputy Chief Editor)

**A.D. Vikulov**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Dean of the Physical Culture Faculty of Yaroslavl State Pedagogical University named after K. D. Ushinsky

**A.V. Baranov**, Doctor of Medical Sciences, Professor, Vice Rector for Scientific Work of Yaroslavl State Medical University

**M.M. Fateev**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Medical Physics Department of Yaroslavl State Medical University

**N.N. Tyatenkova**, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Human and Animal Physiology Department of Yaroslavl State University named after P. G. Demidov

**R.I. Aizman**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Head of the Anatomy, Physiology and Life Safety Department of Novosibirsk State Pedagogical University

**A.B. Bakirov**, Doctor of Medical Sciences, Professor, Academician of Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan, Director of Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology

**S.A. Balgimbekov**, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Anatomy, Physiology, Health and Life Safety Department of Kazakh National Pedagogical University named after Abay (Kazakhstan)

**A.V. Gribanov**, Doctor of Medical Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Honored Worker of the Higher School of the Russian Federation, Director of Medical and Biological Research Institute of Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (Arkhangelsk)

**A.B. Gudkov**, Doctor of Medical Sciences, Professor, Honored Worker of the Higher School of the Russian Federation, Head of the Hygiene and Medical Ecology Department of Northern State Medical University (Arkhangelsk)

**V.V. Zinchuk**, Doctor of Medical Sciences, Professor, Vice Rector for Scientific Work of the Grodno State Medical University (Belarus)

**S.I. Kolesnikov**, Doctor of Medical Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, Adviser of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, Professor of Lomonosov Moscow State University

**G.Ya. Levin**, Doctor of Medical Sciences, Professor, Honored scientist of the Russian Federation, Head of Gravitation Surgery and Hemodialysis Department of Privolzhsky Federal Research Medical Centre (Nizhny Novgorod)

**V.V. Malyshev**, Doctor of Medical Sciences, Professor of Microbiology Department of Military Medical Academy named after S. M. Kirov, Head of Medical and Biological Threats Ecological Safety Research Group of Scientific Research Center for Ecological Safety at the Russian Academy of Sciences (St. Petersburg)

Address of the editorial office: 150000, Yaroslavl, Respublikanskaya Street, 108

Ph.: (4852)72-64-05 (publishing house)

The Internet address: <http://sohhj.ru/>

The Certificate of registration of mass media (The Ministry of the Russian Federation for Affairs of the Press, Television and Radio Broadcasting and Mass Communication Media)

EL № FS77-64923 dated from February 24, 2016.

© FSBEI HE «Yaroslavl State Pedagogical University  
named after K. D. Ushinsky», 2016  
© Authors of articles, 2016

**БЕЗОПАСНОСТЬ  
ЗДОРОВЬЯ  
ЧЕЛОВЕКА**

Электронный  
научный журнал

№ 1–2016



---

**СОДЕРЖАНИЕ**

---

<i>Крымов С. П., Гуцин А. Г.</i> Влияние некоторых физических факторов на реологические свойства крови _____	<b>6</b>
<i>Михайлов П. В., Муравьев А. В., Остроумов Р. С., Муравьев А. А.</i> Возрастные особенности реологических свойств крови у тренированных и нетренированных лиц _____	<b>16</b>
<i>Фатеев М. М., Телушкин П. К., Гуцин А. С., Варенцов В. Е.</i> Изменения сердечного ритма у иммобилизованных крыс при инсулиновой гипогликемии и в восстановительном периоде _____	<b>30</b>
<i>Бакиров А. Б., Сулейманов Р. А., Валеев Т. К., Рахматуллин Н. Р.</i> Гигиеническое обоснование факторов риска здоровью населения территорий с развитой нефтепереработкой _____	<b>41</b>
<i>Мурашова Н. А., Любошевский П. А.</i> Динамика параметров вариабельности сердечного ритма и показателей тканевого метаболизма при разных способах анестезиологической защиты _____	<b>50</b>
<b>СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ</b> _____	<b>60</b>

**SECURITY  
OF HUMAN HEALTH**

Electronic  
Scientific Magazine

№ 1–2016



**THE CONTENT**

<i>Krymov S. P., Gushchin A. G.</i> Influence of some physical factors on rheological properties of blood _____	6
<i>Mikhaylov P. V., Muravyov A. V., Ostroumov R. S., Muravyov A. A.</i> Age features of rheological properties of blood in trained and untrained individuals _____	16
<i>Fateev M. M., Telushkin P. K., Gushchin A. S., Varentsov V. E.</i> Changes of the heart rhythm in the immobilized rats at an insulin hypoglycemia and in the recovery period _____	30
<i>Bakirov A. B., Sulejmanov R. A., Valeev T. K., Rakhmatullin N. R.</i> Hygienic substantiation of risk factors to health of the population of territories with the developed oil refining _____	41
<i>Murashova N. A., Lyuboshevsky P. A.</i> Dynamics of parameters of heart rhythm variability and tissue metabolism at different types of anesthesia _____	50
<b>INFORMATION ABOUT THE AUTHORS</b> _____	63

**С. П. Крымов, А. Г. Гущин**

**Влияние некоторых физических факторов  
на реологические свойства крови**

В статье приведены результаты исследования влияния ультрафиолетового излучения, магнитного поля, а также электромагнитного излучения с частотами 100 Гц и 500 Гц на реологические свойства крови. Представлены схемы установок для воздействия указанных физических факторов на образцы крови в условиях *in vitro*. Установлено снижение агрегации эритроцитов и повышение их деформируемости под влиянием ультрафиолетового облучения. Обнаружена аналогичная направленность изменений указанных параметров и под воздействием электромагнитного излучения с частотами 100 Гц и 500 Гц. Выявлено повышение агрегации эритроцитов и их деформируемости под влиянием постоянного магнитного поля. Рассмотрены возможные механизмы выявленных изменений.

**Ключевые слова:** реологические свойства крови, ультрафиолетовое излучение, магнитное поле, электромагнитное излучение, агрегация и деформируемость эритроцитов.

**S. P. Krymov, A. G. Gushchin**

**Influence of some physical factors  
on rheological properties of blood**

Results of research of influence of ultra-violet radiation, magnetic field, and also electromagnetic radiation with frequencies of 100 Hz and 500 Hz on rheological properties of blood are given in article. Schemes of installations for impact of the

specified physical factors on blood samples in vitro are submitted. Decrease of aggregation of erythrocytes and increase of their deformability under the influence of ultra-violet radiation is established. The similar orientation of changes of the specified parameters is found under the influence of electromagnetic radiation with frequencies of 100 Hz and 500 Hz. Increase of aggregation of erythrocytes and their deformability is revealed under the influence of a constant magnetic field. Possible mechanisms of the revealed changes are considered.

**Keywords:** rheological properties of blood, ultra-violet radiation, magnetic field, electromagnetic radiation, aggregation and deformability of erythrocytes.

### Введение

В настоящее время организм человека подвергается воздействию целого ряда различных факторов. Среди них немало таких, которые опасны для людей и окружающей среды [1, 8]. В связи с этим несомненный интерес представляет изучение влияния разнообразных факторов, в частности, электромагнитной природы на ткани, органы и системы организма человека. Выполнение такого рода исследований весьма актуально, так как на основе их результатов могут быть созданы средства, которые позволяют предотвращать и снижать повреждающее влияние на человека какого-либо негативного фактора [9]. Значительную роль в адаптации организма к действию различных агентов играет система крови и кровообращения. Изменения показателей реологии крови, возникающие в результате разного рода внешних воздействий, остаются еще недостаточно изученными. В связи с этим представляется актуальным изучить влияние на гемореологические параметры некоторых физических факторов, что и составляет цель данной работы.

Далее рассмотрим материал и методы исследования.

Материал для исследования – кровь 64 пациентов в возрасте от 20 до 50 лет. В работе была использована методика *in vitro*, которая нередко применяется и в других исследованиях [4]. На образец крови объемом 2 мл воздействовали ультрафиолетовым (УФ) излучением мощностью 0,1 Вт (рис. 1), что соответствует средней мощности бытового УФ-источника.

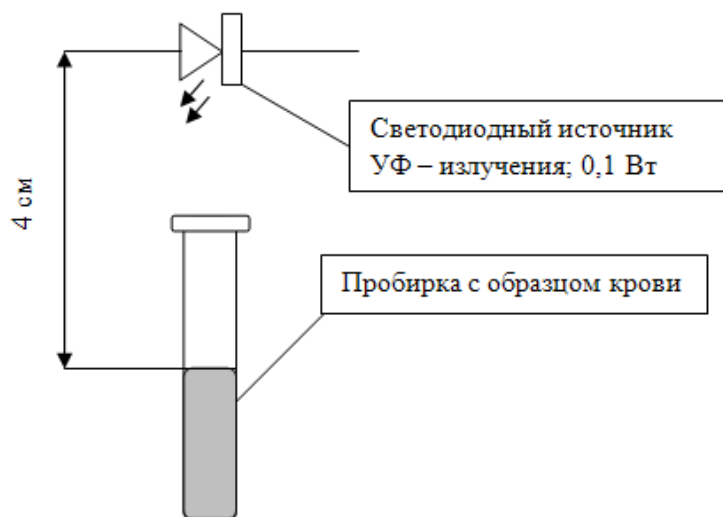


Рис. 1. Схема установки для облучения образца крови УФ-излучением

Также образец крови подвергался воздействию постоянным магнитным полем напряженностью 2 кА/м (рис. 2).

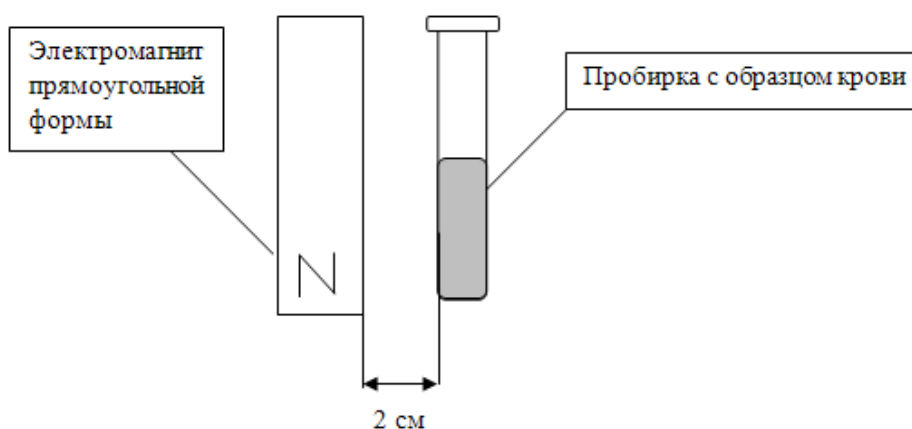


Рис. 2. Схема установки для воздействия на образец крови постоянным магнитным полем



Кроме того, исследовалось влияние на кровь переменного электромагнитного поля мощностью 1 Вт с часто встречающимися на производстве и в быту частотами 100 Гц и 500 Гц (рис. 3). Время воздействия во всех случаях составило 30 минут, при этом пластиковая незакрытая пробирка с образцом располагалась вертикально. Контролем служили интактные образцы крови.

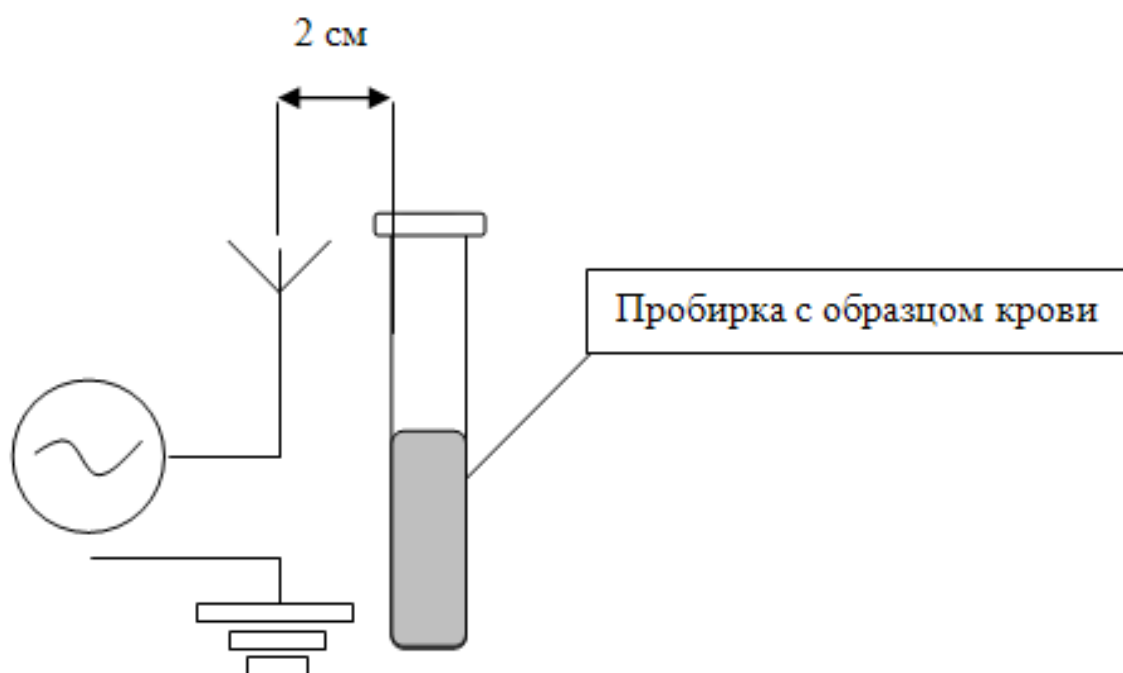


Рис. 3. Схема установки для воздействия на образец крови электромагнитным излучением

Посредством центрифугирования пробы крови в микроцентрифуге исследовали гематокрит. Регистрировали степень эритроцитарной агрегации по отношению числа агрегатов к количеству неагрегированных клеток при микроскопировании в камере Горяева суспензии эритроцитов в аутологичной плазме в соотношении 1:200. Для определения деформируемости эритроцитов производили вискозиметрию суспензии эритроцитов в физиологическом растворе со стандартным гематокритом.

### Результаты исследования и их обсуждение

На рисунках 4 и 5 представлены изменения гемореологических параметров под влиянием исследуемых физических факторов. В результате проведенного исследования установлено, что под воздействием ультрафиолетового излучения степень агрегации эритроцитов снизилась на 38 %, а их деформируемость увеличилась на 10 %. Под влиянием постоянного магнитного поля обнаруживалось повышение агрегации эритроцитов на 18 % и их деформируемости на 9 %. Действие электромагнитного излучения частотой 100 Гц привело к снижению степени агрегации эритроцитов на 25 % и незначительному увеличению (на 4 %) деформационной способности эритроцитов. Влияние электромагнитного излучения частотой 500 Гц обусловило уменьшение степени агрегации эритроцитов на 34 % и небольшое увеличение (на 5 %) деформируемости эритроцитов. Достоверных изменений показателя гематокрита обнаружено не было.

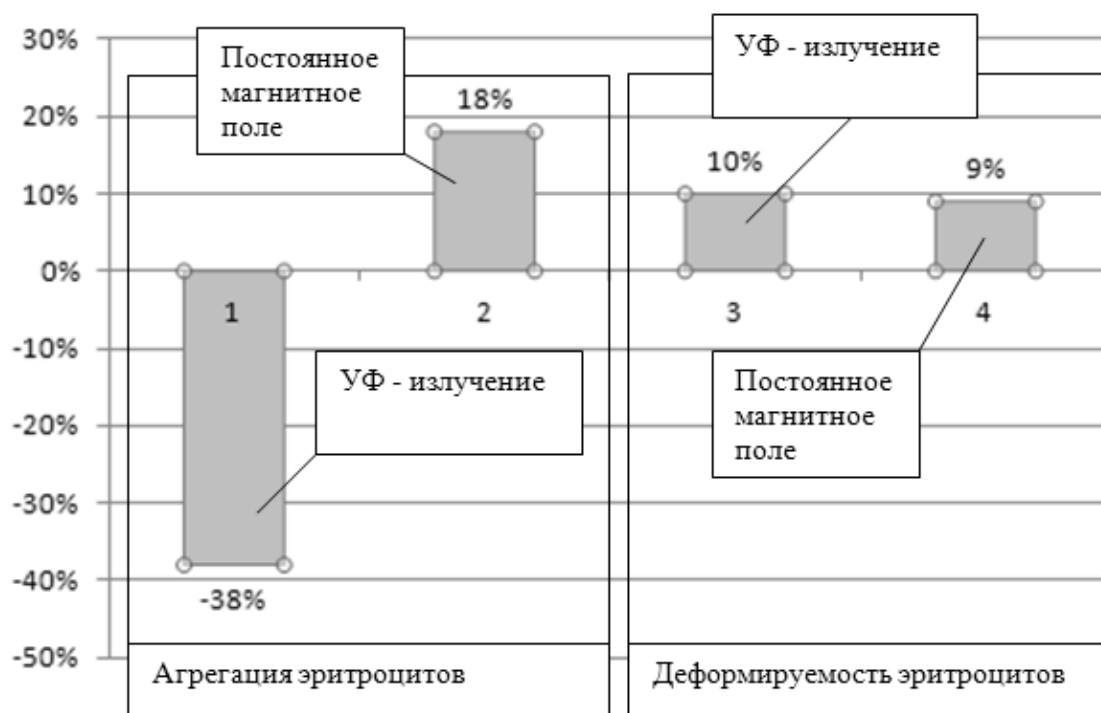


Рис. 4. Изменения агрегации и деформируемости эритроцитов под влиянием УФ-излучения и постоянного магнитного поля

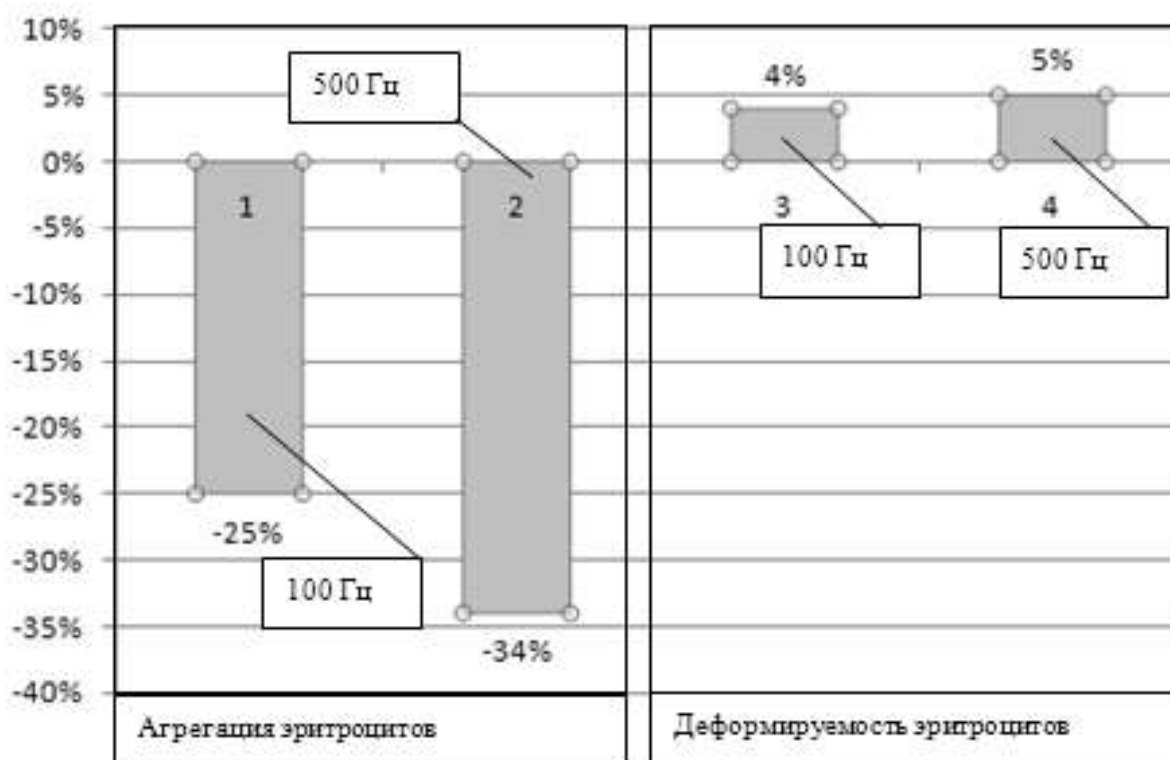


Рис. 5. Изменения агрегации и деформируемости эритроцитов под влиянием электромагнитного излучения частотой 100 Гц и 500 Гц

Полученные данные свидетельствуют о высокой степени участия факторов электромагнитной природы в формировании гемореологических изменений. Объяснить это можно тем, что одним из важнейших звеньев системы гомеостаза являются электрические процессы ионного уровня [6].

Снижение степени агрегации эритроцитов под воздействием ультрафиолетового излучения, вероятно, происходит в результате того, что умеренное УФ-облучение вызывает разрушение белков в исследуемом образце крови [2], что, в свою очередь, обуславливает снижение роли белковой составляющей в процессе агрегации эритроцитов.

Можно предположить, что повышение степени агрегации эритроцитов при экспозиции магнитным полем вызвано тем, что красные кровяные клетки, ввиду наличия отрицательного заряда на поверхности мембраны, проявляют

свойства заряженного тела, движущегося в магнитном поле [3]. Скорость осаждения эритроцитов увеличивается, так как на них действует дополнительная сила, определяемая формулой  $F=q \cdot (E+vxV)$ , где  $F$  – сила Лоренца,  $q$  – заряд движущегося в электрическом и магнитном полях тела,  $v$  – вектор скорости движения тела,  $V$  – вектор магнитного поля,  $E$  – вектор электрического поля,  $x$  – векторное произведение. При этом концентрация эритроцитов на участке, прилежащем к «северному» полюсу магнита, увеличивается, что и ведет к повышенному образованию агрегатов.

Поскольку кровь является проводником электричества, под влиянием электромагнитного излучения различной частоты в ней возникают вихревые индукционные токи. Возможно, действие этих токов затрудняет образование агрегатов, что приводит к снижению степени агрегации эритроцитов.

Выявленные изменения деформируемости эритроцитов, вероятно, обусловлены влиянием исследованных физических факторов на мембрану красных клеток крови.

### **Заключение**

Таким образом, на основании результатов выполненной работы можно сделать заключение о целесообразности использования методов исследования гемореологических параметров при оценке влияния на организм человека физических факторов. Известно, что увеличение агрегации эритроцитов и уменьшение их деформируемости снижает эффективность транспорта кислорода, способствует развитию гипоксии тканей и тем самым обуславливает возникновение и прогрессирование заболеваний [5]. В то же время при нормализации гемореологических нарушений отмечается процесс выздоровления больного [7]. Следовательно, определяя динамику параметров реологии крови при однократном или многократном воздействии какого-либо

физического фактора на организм, можно судить об опасных или безопасных последствиях такого воздействия.

### Библиографический список

1. Аптикаев, С. Ф. Сейсмическая активность Восточно-Европейской платформы как возможный источник чрезвычайных ситуаций в мегаполисах [Текст] / С. Ф. Аптикаев, Э. Г. Мирмович, А. И. Рузайкин // Безопасность жизнедеятельности. – 2012. – № 9. – С. 27–36.
2. Бескровная, Е. В. Влияние ультрафиолетового излучения на белки плазмы крови и производные гемоглобина [Текст] / Е. В. Бескровная, Е. Ю. Мосур, М. Г. Потуданская // Вестник Омского университета. – 2013. – № 4. – С. 118–120.
3. Боровская, М. К. Структурно-функциональная характеристика мембраны эритроцита и ее изменения при патологиях разного генеза [Текст] / М. К. Боровская, Э. Э. Кузнецова, В. Г. Горохова, Л. Б. Корякина, Т. Е. Курильская, Ю. И. Пивоваров // Бюллетень Восточно-сибирского научного центра СО РАМН. – 2010. – № 3. – С. 334–354.
4. Васин, М. В. Модификация потребления кислорода клетками костного мозга *in vitro* под влиянием  $\alpha 1$ -адреномиметика индралина [Текст] / М. В. Васин, И. Б. Ушаков, Э. П. Коровкина, В. Ю. Ковтун // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2013. – Т. 155. – № 3. – С. 337–339.
5. Гуцин, А. Г. Оценка комплекса гемореологических параметров при эритроцитозе [Текст] / А. Г. Гуцин, А. В. Муравьев, И. К. Шаечкина // Физиология человека. – 2000. – Т. 26. – № 2. – С. 111–114.
6. Замай, Т. Н. Феноменологическая модель ионной регуляции роста клеточных популяций в организме [Текст] / Т. Н. Замай // Сибирское медицинское обозрение. – 2012. – № 2. – С. 3–7.

7. Мурашова, Н. А. Влияние разных вариантов анестезии на показатели регионарного кровообращения у больных с травмой дистального отдела нижней конечности [Текст] / Н. А. Мурашова, П. А. Любошевский, А. Г. Гуцин, Е. В. Тихонова // Тромбоз, гемостаз и реология. – 2015. – № 2. – С. 54–58.

8. Русак, О. Н. Пропедевтика безопасности деятельности [Текст] / О. Н. Русак // Безопасность жизнедеятельности. – 2014. – № 7. – С. 52–57.

9. Черешнев, В. А. О возможности коррекции оксидативного повреждения при гипоксии головного мозга производным бензимидазола бемитилом [Текст] / В. А. Черешнев, И. Л. Гуляева, С. А. Сергеева // Вестник Уральской медицинской академической науки. – 2014. – № 3. – С. 66–68.

### **Bibliograficheskij spisok**

1. Aptikaev, S. F. Sejsmicheskaja aktivnost' Vostochno-Evropejskoj platformy kak vozmozhnyj istochnik chrezvyčajnyh situacij v megapolisah [Tekst] / S. F. Aptikaev, Je. G. Mirmovich, A. I. Ruzajkin // Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti. – 2012. – № 9. – S. 27–36.

2. Beskrovnaja, E. V. Vlijanie ul'trafioletovogo izlucheniya na belki plazmy krovi i proizvodnye gemoglobina [Tekst] / E. V. Beskrovnaja, E. Ju. Mosur, M. G. Potudanskaja // Vestnik Omskogo universiteta. – 2013. – № 4. – S. 118–120.

3. Borovskaja, M. K. Strukturno-funkcional'naja harakteristika membrany jeritrocita i ee izmeneniya pri patologijah raznogo geneza [Tekst] / M. K. Borovskaja, Je. Je. Kuznecova, V. G. Gorohova, L. B. Korjakina, T. E. Kuril'skaja, Ju. I. Pivovarov // Bjulleten' Vostochno-sibirskogo nauchnogo centra SO RAMN. – 2010. – № 3. – S. 334–354.

4. Vasin, M. V. Modifikacija potrebleniya kisloroda kletkami kostnogo mozga in vitro pod vlijaniem  $\alpha 1$ -adrenomimetika indralina [Tekst] / M. V. Vasin, I. B. Ushakov, Je. P. Korovkina, V. Ju. Kovtun // Bjulleten' jeksperimental'noj biologii i mediciny. – 2013. – T. 155. – № 3. – S. 337–339.

5. Gushhin, A. G. Ocenka kompleksa gemoreologicheskikh parametrov pri jeritrocitoze [Tekst] / A. G. Gushhin, A. V. Murav'ev, I. K. Shaechkina // Fiziologija cheloveka. – 2000. – T. 26. – № 2. – S. 111–114.

6. Zamaj, T. N. Fenomenologicheskaja model' ionnoj reguljicii rosta kletocznyh populjacij v organizme [Tekst] / T. N. Zamaj // Sibirskoe medicinskoe obozrenie. – 2012. – № 2. – S. 3–7.

7. Murashova, N. A. Vlijanie raznyh variantov anestezii na pokazateli regionarnogo krovoobrashhenija u bol'nyh s travmoj distal'nogo otdela nizhnej konechnosti [Tekst] / N. A. Murashova, P. A. Ljuboshevskij, A. G. Gushhin, E. V. Tihonova // Tromboz, gemostaz i reologija. – 2015. – № 2. – S. 54–58.

8. Rusak, O. N. Propedevtika bezopasnosti dejatel'nosti [Tekst] / O. N. Rusak // Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti. – 2014. – № 7. – S. 52–57.

9. Chereshev, V. A. O vozmozhnosti korrekcii oksidativnogo povrezhdenija pri gipoksii golovnogogo mozga proizvodnym benzimidazola bemitilom [Tekst] / V. A. Chereshev, I. L. Guljaeva, S. A. Sergeeva // Vestnik Ural'skoj medicinskoj akademicheskoy nauki. – 2014. – № 3. – S. 66–68.

**П. В. Михайлов, А. В. Муравьев, Р. С. Остроумов, А. А. Муравьев**

**Возрастные особенности реологических свойств крови  
у тренированных и нетренированных лиц**

Кровообращение считается основным звеном кислородтранспортной системы, лимитирующим возможности спортсменов в видах спорта с преимущественным проявлением выносливости. При тренировке аэробной направленности адаптационные изменения происходят в сердце, сосудах, а также в свойствах крови. В статье рассмотрены основные макро- и микрореологические параметры крови у тренированных и нетренированных лиц в возрасте от 20 до 60 лет.

**Ключевые слова:** тренировка, возрастные изменения, вязкость крови, эффективность транспорта кислорода, агрегация эритроцитов, деформируемость эритроцитов, коэффициент корреляции.

**P.V. Mikhaylov, A.V. Muravyov, R.S. Ostroumov, A.A. Muravyov**

**Age features of rheological properties of blood  
in trained and untrained individuals**

Blood circulation is the main component of the oxygen transport system, limiting the aerobic capacity of the athletes. In aerobic training adaptation changes occur not only in the heart, lungs, blood vessels, and also in the rheological blood properties. Whether hemorheological differences raises the question has in trained and untrained individuals, and how these differences manifest with age? The article describes the main macro – and microrheological parameters of blood in trained and untrained persons aged 20 to 60 years.



**Keywords:** training, age-related changes, blood viscosity, the efficiency of oxygen transport, erythrocyte aggregation, erythrocyte deformability, the correlation coefficient.

В настоящее время достаточно хорошо изучены вопросы адаптации организма к физическим нагрузкам на уровне сердца и крупных сосудов, но при этом функциональные особенности системы микрососудов и комплекс микро-реологических характеристик, определяющих текучесть крови, остаются менее изученными. В преобладающем большинстве исследований в области адаптации организма к мышечным нагрузкам объектом выступают молодые спортсмены, и значительно меньше работ содержат анализ людей среднего и пожилого возраста.

Особую актуальность данная проблема приобретает в связи с имеющейся в современном спорте тенденцией к повышению среднего возраста достижения максимальных результатов спортсменами, а также увеличением продолжительности спортивной карьеры. Многочисленные примеры спортивного долголетия свидетельствуют о возможности сохранения значительных адаптационных резервов организма человека и замедления возрастных инволюционных процессов.

С учетом вышесказанного целью работы было изучение реологических свойств крови при долговременной адаптации к аэробным мышечным нагрузкам у лиц разного возраста.

### **Организация, материал и методы исследования**

Все испытуемые были разделены на группы с учетом возраста и уровня физической подготовленности (табл. 1.). Всего было сформировано 4 возрастных группы, каждая из которых подразделялась еще на две подгруппы: «контроль» (нетренированные испытуемые) и «тренированные» (спортсмены, тренирующиеся на выносливость). К тренированным лицам относили действующую

щих спортсменов (спортсменов-ветеранов), специализирующихся в видах спорта с преимущественным проявлением выносливости (лыжные гонки, биатлон, триатлон, бег на средние и длинные дистанции, велогонки, плавание, гребля) и имеющих квалификацию от I разряда до МСМК. Все испытуемые указанной категории на момент обследования имели регулярные тренировочные и соревновательные нагрузки.

Забор крови у доноров-добровольцев в объеме 10 мл производился утром, натощак из локтевой вены без наложения жгута в условиях клинической лаборатории квалифицированным медицинским персоналом после получения информированного согласия донора. В качестве антикоагулянта использовали гепарин (500 ЕД). Все измерения и манипуляции с цельной кровью проводили в течение 4 часов после ее забора.

Таблица 1

**Экспериментальные группы с учетом возраста и уровня физической подготовленности**

Группы	Возраст испытуемых (лет)	Уровень физической подготовленности
1	20–30	контроль
		тренированные
2	31–40	контроль
		тренированные
3	41–50	контроль
		тренированные
4	51–60	контроль
		тренированные

Регистрацию показателей текучести крови ( $\eta$ ) и суспензии эритроцитов проводили на полуавтоматическом капиллярном вискозиметре. Время перемещения исследуемой жидкости по рабочей части капилляра фиксировалось автоматически с помощью электронного секундомера со встроенными фотодиодами. Точность измерений составляла 0,001 секунды.

В пробах крови также определяли гематокрит (Hct) и гемоглобин (Hb), рассчитывали среднюю концентрацию гемоглобина в эритроците (МСНС) и показатель эффективности транспорта кислорода [3, 15]:

$$TO_2 = Hct/\eta.$$

Деформируемость и агрегацию эритроцитов регистрировали после трехкратной отмывки в изотоническом растворе хлорида натрия, содержащем глюкозу (5,0 мМ).

К прямым методам оценки деформационных свойств красных клеток крови относится определение индекса элонгации (ИЭ) эритроцитов в проточной микрокамере в сдвиговом потоке при фиксированном напряжении сдвига 0,78 Па [4].

Оценку степени агрегации эритроцитов проводили с помощью метода оптической микроскопии и полуавтоматического агрегометра Murene (Германия).

### **Результаты исследования и их обсуждение**

С возрастом наблюдается изменение реологических характеристик крови: повышается вязкость, увеличивается агрегация эритроцитов, снижается их деформируемость. Как у тренированных, так и у нетренированных лиц возраст-зависимые изменения имеют сходную направленность, но у испытуемых с более высокой аэробной работоспособностью они регистрируются позднее и выражены в меньшей степени. Транспортный потенциал крови у тренированных лиц остается выше, различия с нетренированными лицами по большинству реологических характеристик с возрастом сохраняются, а по некоторым (вязкость крови при относительно низком напряжении сдвига, вязкость плазмы, агрегация и число клеток в агрегате) возрастают.

При относительно низком напряжении сдвига, в условиях, когда текучесть крови в значительной степени определяется микрореологическими свойствами эритроцитов, различия в величинах вязкости крови между контрольными

группами разного возраста были более выражены, чем при высоких сдвиговых скоростях. Достоверная разница в значениях вязкости крови была зарегистрирована уже между первой (20–30 лет) и второй (31–40 лет) возрастными группами (18 %,  $p < 0,05$ ). В третьей возрастной группе (41–50 лет) различия с первой (20–30 лет) составили 25 % при  $p < 0,01$ . В контрольной группе 51–60 лет вязкость крови была на 30 % выше ( $p < 0,01$ ), чем в группе 20–30 лет (рис. 1). У тренированных испытуемых имелась тенденция к повышению вязкости крови при относительно низком напряжении сдвига с возрастом, но темпы прироста были значительно меньше, чем в контроле (рис. 1).

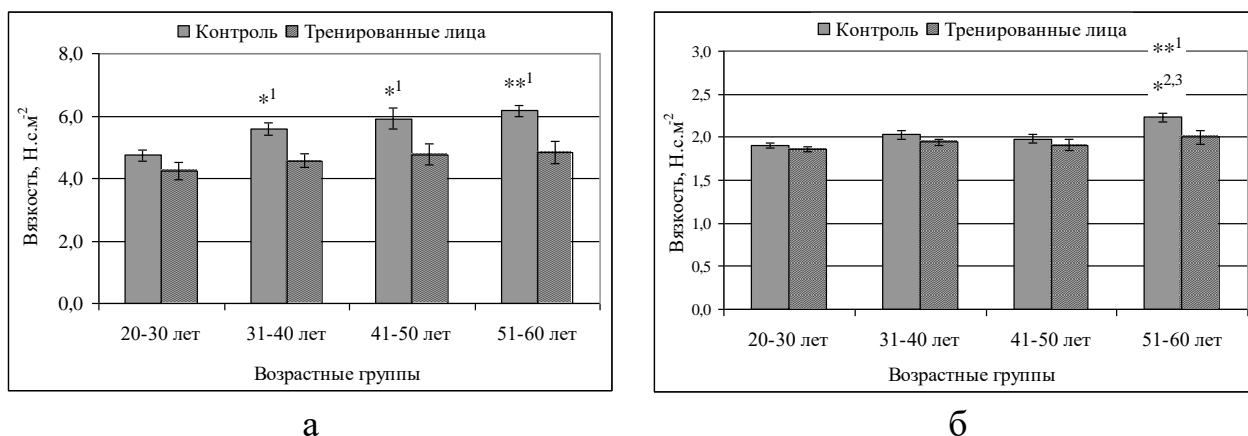


Рис. 1. Вязкость крови (а) при относительно низком напряжении сдвига ( $0,39 \text{ Н}\cdot\text{м}^{-2}$ ) и вязкость плазмы (б) у тренированных и нетренированных лиц разного возраста

\*<sup>1</sup> – различия с первой возрастной группой (20–30 лет) достоверны при  $p < 0,05$ ;

\*\*<sup>1</sup> – различия достоверны при  $p < 0,01$

Полученные данные согласуются с результатами исследований J. Brun et al. [6], в котором авторы отмечали снижение вязкости крови в ответ на аэробную тренировку. Как известно, вязкость цельной крови является интегральным показателем и главным образом определяется величиной гематокрита, вязкостью плазмы, агрегацией и деформируемостью эритроцитов [5]. Показатель гематокрита в группах отличался незначительно и соответствовал величине, при которой оксигенация тканей оптимальна. Следовательно,

концентрация клеток крови не являлась основной причиной снижения вязкости у тренированных лиц.

Вязкость плазмы является вторым после гематокрита фактором, который определяет реологические свойства и текучесть крови в целом. С возрастом наблюдалась тенденция к увеличению вязкости плазмы (рис. 1). Во всех возрастных группах у тренированных лиц значения вязкости плазмы были меньше, чем у нетренированных. Полученные данные согласуются с результатами многих авторов, которые регистрировали снижение вязкости плазмы в покое у лиц, имеющих высокий уровень двигательной активности, и у спортсменов, тренирующихся на выносливость [2, 3, 6].

Показатель эффективности транспорта кислорода с возрастом снижался, как у тренированных, так и у нетренированных лиц (рис. 2). В группе контроля достоверные различия с первой группой (20–30 лет) были зарегистрированы у лиц 41–50 лет (12 %,  $p < 0,05$ ) и 51–60 лет (11 %,  $p < 0,05$ ). У тренированных испытуемых в возрасте 51–60 лет показатель эффективности транспорта кислорода был достоверно меньше, чем в группах 20–30 лет (13 %,  $p < 0,01$ ) и 31–40 лет (10 %,  $p < 0,05$ ).

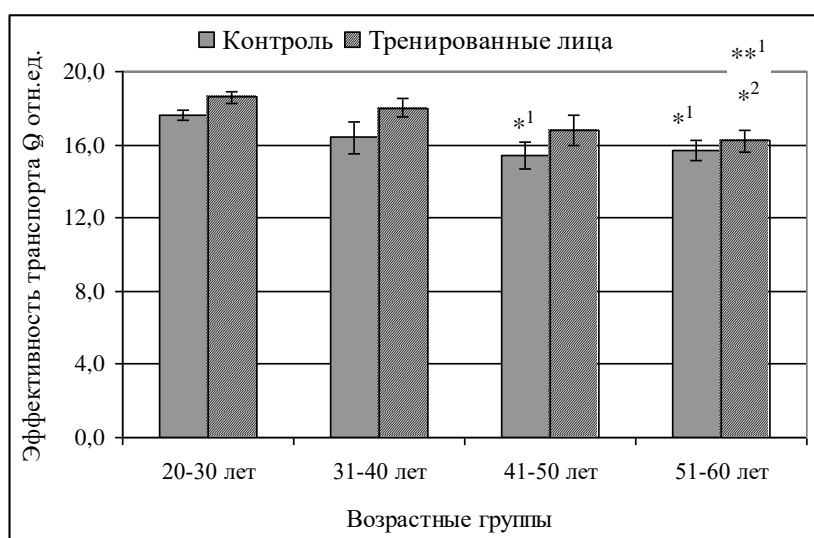


Рис. 2. Эффективность транспорта кислорода у тренированных и нетренированных лиц разного возраста

\*<sup>1,2</sup> – различия с первой (20–30 лет), второй (31–40 лет) возрастными группами достоверны при  $p < 0,05$ ; \*\* – различия достоверны при  $p < 0,01$

Коэффициент корреляции между индексом Hct/ $\eta$  и величиной МПК составил 0,55 ( $p < 0,05$ ), что свидетельствует о заметной взаимосвязи транспортного потенциала крови с уровнем аэробных возможностей, с одной стороны, а с другой – в определенной степени характеризует суммарный вклад макро- и микрореологических показателей крови в показатель аэробной работоспособности человека.

Агрегация эритроцитов между возрастными группами до 50 лет достоверно не различалась (рис. 3). В контрольной группе 51–60 лет показатель агрегации эритроцитов в три раза превосходил данные первой возрастной группы (20–30 лет и старше), более чем в два раза превышал значения групп 31–40 лет и 41–50 лет. Все различия были статистически достоверны при  $p < 0,05$ . Среди тренированных лиц разного возраста статистически значимых различий в показателях агрегации эритроцитов выявлено не было (рис. 3). Установлена положительная корреляционная взаимосвязь показателя агрегации с возрастом нетренированных испытуемых  $r = 0,56$  ( $p < 0,05$ ). У тренированных лиц достоверной взаимосвязи не установлено.

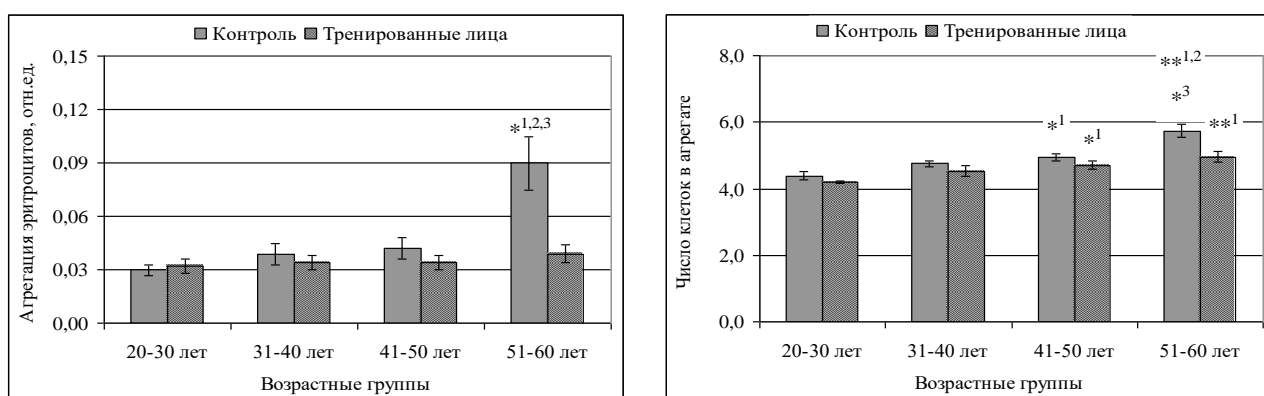


Рис. 3. Агрегация эритроцитов и число клеток в агрегате у тренированных и нетренированных лиц разного возраста

\*1,2,3 – различия с первой (20–30 лет), второй (31–40 лет), третьей (41–50 лет) возрастными группами достоверны при  $p < 0,05$

Анализ роли агрегации в создании сопротивления кровотоку показывает, что до половины всего венозного сопротивления определяется агрегацией эритроцитов [1, 9]. В условиях низкого напряжения сдвига в венулах происходит интенсивное образование агрегатов эритроцитов и, следовательно, нарастание сопротивления кровотоку [9]. Таким образом, сниженная агрегация эритроцитов у тренированных лиц повышает эффективность течения крови в системе микроциркуляции, уменьшая сопротивление кровотоку.

Многие авторы указывают на ведущую роль концентрации белков плазмы в изменении агрегации эритроцитов в клинических и экспериментальных условиях [4, 7]. В нашем исследовании у нетренированных лиц взаимосвязь индекса агрегации с концентрацией триглицеридов выражалась коэффициентом корреляции  $r = 0,71$  ( $p < 0,05$ ), а с концентрацией холестерина –  $r = 0,45$  ( $p < 0,05$ ).

Кроме плазменного фактора, агрегация эритроцитов существенно зависит от собственно клеточной способности к агрегатообразованию [9, 10]. Физиологические механизмы различий в способности к агрегатообразованию у лиц с разными функциональными возможностями полностью не изучены. Одной из причин может быть более молодой возраст циркулирующих эритроцитов в крови, поскольку известно, что молодые эритроциты имеют сниженную агрегабельность [5, 9].

Еще одним важным фактором, который может оказывать существенное влияние на текучесть крови, особенно на уровне микрососудов, является деформируемость эритроцитов. Индекс удлинения эритроцитов, характеризующий деформируемость клеток, с возрастом уменьшался (рис. 4). У испытуемых группы контроля 51–60 лет анализируемый показатель был достоверно меньше на 7 % ( $p < 0,01$ ), чем в возрастной группе 20–30 лет; в группе 31–40 лет – на 6 % ( $p < 0,05$ ). У тренированных лиц старшей возрастной группы (51–60 лет) индекс удлинения эритроцитов был меньше на 5 %, чем в группе 20–30 лет ( $p < 0,01$ ) и в группе 31–40 лет ( $p < 0,05$ ).

Эритроциты непрерывно циркулируют в сосудах и должны иметь способность выдерживать интенсивные пассивные деформации и проявлять сопротивление фрагментации. Эти две существенные характеристики клеток должны быть обеспечены высокодеформируемой мембраной и ее высокой стабильностью [14]. При этом сеть белков цитоскелета мембраны играет важную роль в поддержании деформируемости и стабильности эритроцитов [16]. Более того, деформируемость считается ключевым свойством эритроцитов, которое необходимо им для пассажа через капилляры, и в значительной мере определяет эффективность кровотока и оксигенацию тканей.

Индекс удлинения эритроцитов, зарегистрированный с использованием проточной микрокамеры, указывает на повышенную деформируемость клеток у тренированных лиц, по сравнению с контролем, и на снижение с возрастом способности эритроцитов изменять свою форму (рис. 4).

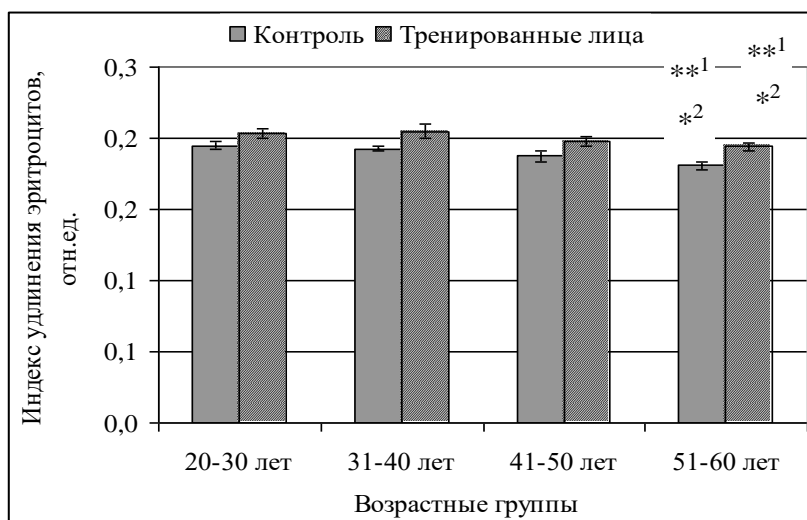


Рис. 4. Индекс удлинения эритроцитов у тренированных и нетренированных лиц разного возраста

\*\*<sup>1</sup> – различия с первой возрастной группой 20–30 лет достоверны при  $p < 0,01$ ; \*<sup>2</sup> – различия со второй возрастной группой (31–40 лет) достоверны при  $p < 0,05$

Многочисленные исследования показывают, что деформируемость эритроцитов у спортсменов повышена, по сравнению с не занимающимися



спортом лицами, и что именно высокая деформируемость эритроцитов является ведущим гемореологическим параметром, обуславливающим снижение вязкости крови при долговременной адаптации к мышечным нагрузкам на выносливость [3, 12].

Многие авторы считают, что способность эритроцитов к деформации главным образом связана с мембранными свойствами клеток [8, 10]. На протяжении всего периода жизни эритроцитов свойства их мембраны изменяются, следствием этого является, в том числе, снижение деформируемости клеток. Многочисленные исследования показывают, что молодые эритроциты имеют повышенную способность к деформации, по сравнению со старыми [11, 13]. Снижение деформируемости старых клеток связывают с повышением внутренней цитоплазматической вязкости за счет повышения концентрации гемоглобина в клетке вследствие дегидратации, а также с повышением сдвиговой вязкости мембраны вследствие изменения липидно-белковой структуры мембраны.

### **Выводы**

1. С возрастом наблюдается изменение реологических характеристик крови: повышается вязкость, увеличивается агрегация эритроцитов, снижается их деформируемость. Как у тренированных, так и у нетренированных лиц возраст-зависимые изменения имеют сходную направленность, но у испытуемых с более высокой аэробной работоспособностью они регистрируются позднее и выражены в меньшей степени.

2. Транспортный потенциал крови у тренированных лиц остается выше во всех исследованных возрастных группах, различия с нетренированными лицами по большинству реологических характеристик с возрастом сохраняются, а по некоторым (вязкость крови при относительно низком напряжении сдвига, вязкость плазмы, агрегация и число клеток в агрегате) – возрастают.

### Библиографический список

1. Левтов, В. А. Реология крови [Текст] / В. А. Левтов, С. А. Регирер, Н. Х. Шадрина. – М. : Медицина, 1982. – 272 с.
2. Мельников, А. А. Реологические свойства крови, половые гормоны и кортизол у спортсменов [Текст] / А. А. Мельников, А. Д. Викулов // Физиология человека. – 2004. – № 5. – С. 110–120.
3. Муравьев, А. В. Макро- и микрореологические свойства крови у лиц с разным уровнем тренированности [Текст] / А. В. Муравьев, Л. Г. Зайцев, М. И. Симаков // Физиология человека. – 1995. – Т. 21. – № 4. – С. 137.
4. Муравьев, А. В. Роль микрореологических свойств эритроцитов в неньютоновском поведении цельной крови [Текст] / А. В. Муравьев, И. А. Тихомирова, А. А. Маймистова, П. В. Михайлов, А. А. Муравьев // Российский журнал биомеханики. – 2010. – Т. 14. – № 4. – С. 96–104.
5. Тихомирова, И. А. Физиологическая роль и механизмы объединения эритроцитов в агрегаты [Текст] / И. А. Тихомирова, А. В. Муравьев // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. – 2007. – Т. 93. – № 12. – С. 1382–1393.
6. Brun, J. F. The triphasic effect of exercise on blood rheology: which relevans to physiology and pathophysiology? / J. F. Brun, S. Khaled et al. // Clinical Hemorheology and Microcirculation. – 1998. – Vol., 18. – P. 104–109.
7. Dintenfass, L. Clinical Applications of heamorheology / L. Dintenfass // In.: The Rheology of blood, bloodvessels and associated tissues. – Oxford Press, 1981. – P. 22–50.
8. Manno, S. Modulation of Erythrocyte Membrane Mechanical Function by Protein 4.1 Phosphorylation / S. Manno, Y. Takakuwa, N. Mohandas // Biol. Chem. – 2005. – Vol. 280. – Issue 9. – P. 7581–7587.
9. Meiselman, H. J. Red blood cell role in RBC aggregation: 1963–1993 and beyond / H. J. Meiselman // Clinical Hemorheology. – 1993. – Vol. 13. – P. 575–592.

10. Mohandas, N. Red cell membrane: past, present, and future / N. Mohandas, P. G. Gallagher // *Blood*. – 2008. – Vol. 12. – P. 3939–3948.

11. Muravyov, A. V. The microrheological behavior of young and old red blood cells in athletes / A. V. Muravyov, S. V. Draygin, N. N. Eremin, A. A. Muravyov // *Clinical Hemorheology and Microcirculation*. – 2002. – T. 26. – № 3. – P. 183–188.

12. Nakano, A. Measurement of red cell velocity in microvessels using particle image velocimetry (PIV) / A. Nakano, Y. Sugii, M. Minamiyama, H. Niimi // *Clinical Hemorheology and Microcirculation*. – 2003. – Vol. 29. – P. 445–55.

13. Nash, G. B. Red cell ageing: Changes in deformability and other possible determinants of in vivo survival / G. B. Nash, H. Meiselman // *Microcirculations*. – 1981. – Vol. 1. – P. 255–284.

14. Nunomura, W. Regulation of protein 4.1R interactions with membrane proteins by Ca<sup>2+</sup> and calmodulin / W. Nunomura, Y. Takakuwa // *Front Biosci*. – 2006. – Vol. 11. – P. 1522–1539.

15. Stoltz, J. F. Clinical hemorheology: past, present and future / J. F. Stoltz // *Clin. Hemorheol*. – 1995. – Vol. 15. – № 3. – P. 399–400.

16. Takakuwa, Y. Regulation of red cell membrane deformability and stability by skeletal protein network / Y. Takakuwa, N. Mohandas, T. Ishibashi // *Biorheology*. – 1990. – Vol. 27(3–4). – P. 357–365.

### **Bibliograficheskiy spisok**

1. Levtov, V. A. Reologija krovi [Tekst] / V. A. Levtov, S. A. Regirer, N. H. Shadrina. – M. : Medicina, 1982. – 272 s.

2. Mel'nikov, A. A. Reologicheskie svojstva krovi, polovye gormony i kortizol u sportsmenov [Tekst] / A. A. Mel'nikov, A. D. Vikulov // *Fiziologija cheloveka*. – 2004. – № 5. – S. 110–120.

3. Murav'ev, A. V. Makro- i mikroreologicheskie svojstva krovi u lic s raznym urovnem trenirovannosti [Tekst] / A. V. Murav'ev, L. G. Zajcev, M. I. Simakov // Fiziologija cheloveka. – 1995. – T. 21. – № 4. – S. 137.

4. Murav'ev, A. V. Rol' mikroreologicheskih svojstv jericitov v nen'jutonovskom povedenii cel'noj krovi [Tekst] / A. V. Murav'ev, I. A. Tihomirova, A. A. Majmistova, P. V. Mihajlov, A. A. Murav'ev // Rossijskij zhurnal biomehaniki. – 2010. – T. 14. – № 4. – S. 96–104.

5. Tihomirova, I. A. Fiziologicheskaja rol' i mehanizmy ob#edinenija jericitov v agregaty [Tekst] / I. A. Tihomirova, A. V. Murav'ev // Rossijsk. fiziol. zhurnal im. I. M. Sechenova. – 2007. – T. 93. – № 12. – S. 1382–1393.

6. Brun, J. F. The triphasic effect of exercise on blood rheology: which relevans to physiology and pathophysiology? / J. F. Brun, S. Khaled et al. // Clinical Hemorheology and Microcirculation. – 1998. – Vol., 18. – P. 104–109.

7. Dintenfass, L. Clinical Applications of heamorheology / L. Dintenfass // In.: The Rheology of blood, bloodvessels and associated tissues. – Oxford Press, 1981. – P. 22–50.

8. Manno, S. Modulation of Erythrocyte Membrane Mechanical Function by Protein 4.1 Phosphorylation / S. Manno, Y. Takakuwa, N. Mohandas // Biol. Chem. – 2005. – Vol. 280. – Issue 9. – P. 7581–7587.

9. Meiselman, H. J. Red blood cell role in RBC aggregation: 1963–1993 and beyond / H. J. Meiselman // Clinical Hemorheology. – 1993. – Vol. 13. – P. 575–592.

10. Mohandas, N. Red cell membrane: past, present, and future / N. Mohandas, P. G. Gallagher // Blood. – 2008. – Vol. 12. – R. 3939–3948.

11. Muravyov, A. V. The microrheological behavior of young and old red blood cells in athletes / A. V. Muravyov, S. V. Draygin, N. N. Eremin, A. A. Muravyov // Clinical Hemorheology and Microcirculation. – 2002. – T. 26. – № 3. – R. 183–188.

12. Nakano, A. Measurement of red cell velocity in microvessels using particle image velocimetry (PIV) / A. Nakano, Y. Sugii, M. Minamiyama, H. Niimi // *Clinical Hemorheology and Microcirculation*. – 2003. – Vol. 29. – R. 445–55.

13. Nash, G. B. Red cell ageing: Changes in deformability and other possible determinants of in vivo survival [Text] / G. B. Nash, H. Meiselman // *Microcirculations*. – 1981. – Vol. 1. – P. 255–284.

14. Nunomura, W. Regulation of protein 4.1R interactions with membrane proteins by Ca<sup>2+</sup> and calmodulin / W. Nunomura, Y. Takakuwa // *Front Biosci*. – 2006. – Vol. 11. – P. 1522–1539.

15. Stoltz, J. F. Clinical hemorheology: past, present and future / J. F. Stoltz // *Clin. Hemorheol*. – 1995. – Vol. 15. – № 3. – P. 399–400.

16. Takakuwa, Y. Regulation of red cell membrane deformability and stability by skeletal protein network / Y. Takakuwa, N. Mohandas, T. Ishibashi // *Biorheology*. – 1990. – Vol. 27(3–4). – P. 357–365.

**М. М. Фатеев, П. К. Телушкин, А. С. Гуцин, В. Е. Варенцов**

**Изменения сердечного ритма у иммобилизованных крыс при инсулиновой гипогликемии и в восстановительном периоде**

В статье приведены результаты исследования показателей вариабельности сердечного ритма и содержания глюкозы в крови у иммобилизованных крыс через 15, 60, 90 и 120 минут (кома) после введения инсулина, а также через 15 и 60 минут после введения глюкозы. Результаты анализа свидетельствуют о прогрессирующем увеличении тонуса парасимпатического отдела автономной нервной системы по мере снижения уровня глюкозы в крови. Развитие гипогликемической комы (содержание глюкозы в крови около 1,0 ммоль/л) одновременно приводит к повышению активности симпатoadреналовой системы. Купирование гипогликемической комы глюкозой через 1 час не приводит к полной нормализации сердечного ритма.

**Ключевые слова:** вариабельность сердечного ритма, автономная нервная система, инсулин, глюкоза, иммобилизационный стресс.

**M. M. Fateev, P. K. Telushkin, A. S. Gushin, V. E. Varenzov**

**Changes of the heart rhythm in the immobilized rats at an insulin hypoglycemia and in the recovery period**

It has been studied parameters of heart rate variability and blood glucose in immobilized rats at 15, 60, 90 and 120 minutes (coma) after insulin administration and after 15 and 60 minutes after glucose administration. The analysis shows a progressive increase in the tone of the parasympathetic division of the autonomic nervous system by decreasing the blood glucose level. The development of

hypoglycemic coma (blood glucose of about 1.0 mmol /l) at the same time leads to an increase in activity of the sympathoadrenal system. A correction of hypoglycemic coma by glucose after 1 hour, does not lead to the full normalization of heart rate.

**Keywords:** Heart rate variability, autonomic nervous system, insulin, glucose, immobilization stress.

### Введение

Гипогликемия – распространенное состояние, возникающее при инсуломе поджелудочной железы, алкогольной интоксикации, заболеваниях печени и желудочно-кишечного тракта. Клинически наиболее важным является то, что инсулиновая гипогликемия сопровождает лечение сахарного диабета [3, 4, 8, 9].

Гипогликемия увеличивает риск смерти от нарушений сердечного ритма у пациентов с сахарным диабетом [6], поэтому исследование нейрогуморальной регуляции функций сердца при значительных колебаниях уровня глюкозы в крови представляет существенный интерес.

Оценка роли периферической нервной системы в регуляции сердечного ритма с помощью метода вариабельности сердечного ритма (ВСР) при изменениях гликемии служила предметом ряда исследований, в том числе и у человека при относительно умеренной гипогликемии [11–13]. Вместе с тем в клинической практике реально встречаются случаи тяжелой гипогликемии с развитием гипогликемической комы [3, 4, 8]. В работе представлены результаты исследования влияния тяжелой инсулиновой гипогликемии и купирования ее глюкозой на показатели ВСР у крыс.

### Материал и методы исследования

Опыты были проведены на 23 взрослых самцах крыс линии Wistar массой 180–210 г в условиях психоэмоционального стресса, который получали путем иммобилизации животного на спине на все время эксперимента. Перед обследованием животные были лишены пищи в течение 14–16 часов. Предваритель-

но на 10 крысах было выявлено, что 3-часовая иммобилизация не приводила к значимым изменениям в сердечном ритме животных.

Запись ЭКГ осуществлялась до (исходное состояние) и через 15, 60, 90 минут и 120 минут (гипогликемическая кома) после инъекции инсулина (40 ЕД/кг), а также через 15 и 60 минут после внутрижелудочного введения 3 мл 40 % раствора глюкозы крысам, находящимся в состоянии гипогликемической комы. Для регистрации ЭКГ использовалась двухканальная электрофизиологическая установка (г. Санкт-Петербург), связанная через АЦП (L-CARD E-440, г. Москва) с компьютером IBM PC «Pentium II». Частота дискретизации – 4,0 кГц. ЭКГ записывалось во II стандартном отведении в течение 4-х минут в программе L-GRAPH, поставляемой вместе с АЦП. Просмотр ЭКГ и ее первичная обработка проводились с помощью программы RRMatch, а окончательный расчет показателей BCP и их графическое отображение – в программе CRGraph [7].

При анализе BCP использовались следующие показатели [1, 2]:

– *временной анализ*:  $M_n$  – минимальная длительность всех интервалов R-R,  $M_x$  – максимальная длительность всех интервалов R-R,  $RRNN$  – средняя длительность всех интервалов R-R, ЧСС – частота сердечных сокращений (уд/мин),  $SDNN$  – стандартное отклонение нормальных RR интервалов (мс),  $CV$  – коэффициент вариации (%),  $RMSSD$  – квадратный корень из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов RR (мс); геометрический анализ:  $M_xDM_n$  – вариационный размах (мс),  $M_o$  – мода (мс),  $AM_o$  – амплитуда моды (%),  $SI$  – стресс-индекс (усл. ед.),  $EllSq$  – площадь скаттерограммы (мс<sup>2</sup>),  $EllAs$  – отношение ширины к длине скаттерограммы (%);

– *спектральный анализ*:  $LF$  – мощность волн низкой частоты (мс<sup>2</sup>),  $HF$  – мощность волн высокой частоты (мс<sup>2</sup>),  $TP$  – общая мощность спектра (мс<sup>2</sup>),  $LF\%$  – относительное значение мощности волн низкой частоты,  $HF\%$  – относительное значение мощности волн высокой частоты и  $LF/HF$  – индекс ваго-



симпатического баланса (усл. ед.). При расчете геометрических показателей шаг гистограммы составлял 2 мс. Диапазон LF составлял 0,02–0,75, а HF – 0,75–3,0 Гц [7].

Содержание глюкозы в крови хвостовой вены крыс определяли глюкозоксидазным методом [5].

Статистический анализ выполнен в программе «Statistica 6.1». В случае нормального распределения для оценки достоверности отличий применяли t-критерий Стьюдента. Если распределение отличалось от нормального – непараметрический критерий Уилкоксона. Различия считали достоверными при  $p < 0,05$ .

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Уже через 15 минут после введения животным инсулина уровень глюкозы в крови снизился в 1,5 раза ( $p < 0,001$ ) (табл.). При этом достоверно увеличились такие показатели ВСР, как Mn, Mx, RRNN и Mo (в среднем в 1,1 раза), RMSSD (в 1,4 раза), и соответственно этому уменьшилась ЧСС в 1,1 раза, что свидетельствует об увеличении тонуса парасимпатического отдела АНС [1, 2].

Через 1 час после введения инсулина содержание глюкозы в крови уменьшается в 2,9 раза ( $p < 0,001$ ) от исходного уровня и происходит дальнейшее увеличение активности парасимпатического отдела АНС. Наблюдается рост Mn, Mx, RRNN, RMSSD и Mo – соответственно в 1,3; 1,6; 1,5; 1,7 и 1,3 раза (во всех случаях  $p < 0,001$ ). Кроме того, увеличились SDNN в 1,3 ( $p < 0,05$ ), MxDMn в 1,4 ( $p < 0,01$ ), EllSq в 2,1 ( $p < 0,01$ ), LF в 1,9 ( $p < 0,05$ ), HF в 2,4 ( $p < 0,001$ ) и TP в 2,0 ( $p < 0,05$ ) раза, а ЧСС уменьшилась в 1,3 раза ( $p < 0,001$ ).

Дальнейшее снижение количества глюкозы в крови (в 3,9 раза от исходного,  $p < 0,001$ ) через 1,5 часа после инъекции инсулина приводит к еще более глубоким достоверным изменениям практически всех показателей ВСР (табл.), которые достигли наибольших изменений во время комы, то есть спустя 2 часа после введения инсулина. Так, в состоянии гипогликемической комы (содержание глюкозы в крови около 1,0 ммоль/л), по сравнению с исходным уровнем,

значительно и достоверно увеличились такие показатели ВСР, как Mn, Mx, RRNN, SDNN, CV, RMSSD, MxDMn, Mo, EllSq, EllSa, LF, HF, TP, соответственно в 1,6; 1,8; 1,7; 2,3; 1,3; 3,4; 2,4; 1,7; 6,8; 1,4; 5,7; 9,3 и 6,6 раза, а уменьшились ЧСС, АМо и SI соответственно в 1,7; 2,1 и 8,0 раз.

Таким образом, исходя из результатов временного, геометрического и спектрального анализов показателей ВСР, можно сделать заключение, что состояние гипогликемической комы у животных выражается не только в резком увеличении тонуса парасимпатического отдела АНС [1, 2], но одновременно и в повышении активности симпатoadреналовой системы, выполняющей адаптационно-трофическую функцию и пытающейся скомпенсировать резкие колебания гомеостаза, вызванные введением инсулина.

Уровень глюкозы в крови через 15 мин после купирования гипогликемической комы увеличивается в 2,0 раза по отношению к величине гликемии у коматозных животных. Это приводит к достоверному изменению практически всех показателей ВСР, по сравнению с коматозными крысами (табл.). Так, Mn, Mx, RRNN, SDNN, CV, RMSSD, MxDMn, Mo, EllSq, LF, HF, TP, LF % уменьшились соответственно в 1,3; 1,5; 1,4; 2,8; 2,1; 2,5; 2,6; 1,4; 4,7; 4,6; 5,0; 4,8 и 1,3 раза, а ЧСС, АМо, SI, EllSa, HF % увеличились соответственно в 1,4; 3,0; 13,2; 1,2 и 1,4 раза. Причем, по сравнению с исходным состоянием, у крыс полностью восстановились такие показатели ВСР, как SDNN, RMSSD, MxDMn, EllSq, LF, HF и TP, а индекс вагосимпатического взаимодействия (LF/HF) уменьшился в 1,6 раза ( $p < 0,05$ ).

Через 1 час после купирования комы глюкозой происходит дальнейшее повышение уровня гликемии и восстановление сердечного ритма (табл.), но многие показатели ВСР не возвращаются к исходным значениям. Так, по сравнению с комой, наблюдается достоверное уменьшение таких показателей ВСР, как Mn, Mx, RRNN, SDNN, CV, RMSSD, MxDMn, Mo, EllSq, LF, HF и TP соответственно в 1,3; 1,5; 1,4; 2,9; 2,0; 3,3; 2,7; 1,4; 8,9; 5,9; 11,4 и в 7,0 раз, а увеличение – ЧСС, АМо и SI соответственно в 1,4; 2,8 и 10,7 раза.

Таблица  
Влияние введения инсулина и глюкозы на показатели вариабельности сердечного ритма и содержание глюкозы в крови

Показатель	Исходное состояние	Введение инсулина				Введение глюкозы		
		через 15 мин	через 60 мин	через 90 мин	через 120 мин (кома)	через 15 мин	через 60 мин	
Mn (мс)	117.7±1.14	129.4±2.86***	154.3±3.86***	176.3±5.57***	193.5±5.73***	153.6±3.77***	146.3±3.37***	
Mx (мс)	143.5±1.86	161.7±3.98***	191.0±5.7***	222.9±6.31***	260.5±9.13***	177.7±7.94***	169.8±4.40***	
RRNN (мс)	129.6±1.14	145.0±3.14***	171.2±4.37***	198.9±5.68***	222.3±6.15***	163.4±5.02***	155.9±3.11***	
ЧСС (уд/мин)	464±4.0	418±9.0***	356±8.9***	306±9.1**	275±8.0***	373±9.3***	388±7.8***	
SDNN (мс)	4.47±0.443	5.63±0.675	5.99±0.609*	7.24±0.423***	10.20±0.925***	3.67±0.727***	3.48±0.572***	
CV (%)	3.42±0.321	3.83±0.442	3.47±0.341	3.67±0.212	4.53±0.367*	2.11±0.344***	2.21±0.339***	
RMSSD (мс)	2.86±0.228	4.14±0.565*	4.89±0.506***	6.56±0.668***	9.84±1.062***	3.92±0.796***	3.01±0.399***	
MxDMn (мс)	26.0±2.11	32.1±3.46	36.9±3.56**	46.9±2.69***	62.8±4.78***	24.3±5.02***	23.6±3.69***	
Mo (мс)	128.5±1.29	145.1±3.60***	172.0±4.45***	198.3±5.65***	220.3±6.19***	163.1±5.05***	155.2±2.99***	
AMo (%)	25.1±1.95	22.6±2.92	19.9±2.69	13.7±0.95***	12.2±1.28***	36.3±3.64***	33.6±3.51***	
SI (ул./ед.)	5928±913.9	4828±1423	3348±1166	835.8±104.64***	739.4±227.25***	9746±1728***	7892±1611***	
FISq (мс <sup>2</sup> )	417.2±76.36	740.3±180.27	894.3±167.24**	1257±184.2***	2849±498.6***	602.2±251.54***	318.7±79.72***	
FIIAs (%)	40.4±2.78	46.9±4.99	48.9±3.66	50.9±3.53*	56.6±3.19***	67.6±3.98***	53.5±4.56*	
LF (мс <sup>2</sup> )	3.29±0.733	4.83±1.310	6.24±1.314*	8.30±0.857***	18.88±4.432***	4.07±1.710**	3.21±1.507**	
HF (мс <sup>2</sup> )	1.03±0.179	1.94±0.519*	2.46±0.449***	4.36±0.842***	9.56±1.958***	1.90±0.746***	0.84±0.168***	
TP (мс <sup>2</sup> )	4.32±0.880	6.77±1.645	8.70±1.700*	12.66±1.589***	28.44±5.701***	5.97±2.347***	4.05±1.604***	
LF (%)	67.8±2.59	64.2±4.22	65.6±2.89	68.1±2.41	63.0±2.69	49.6±4.65***	62.9±4.28	
HF (%)	32.2±2.59	35.8±4.22	34.4±2.89	31.9±2.41	37.0±2.69	50.4±4.65***	37.1±4.28	
LF/HF (усл.ед.)	3.03±0.335	2.79±0.471	2.46±0.331	2.60±0.420	2.12±0.293	1.86±0.533*	2.92±0.794	
Уровень глюкозы в крови в ммоль/л	5.60±0.379	3.65±0.334***	1.93±0.120***	1.42±0.061***	1.03±0.029***	2.06±0.152***	2.68±0.115***	

Примечание:

\*\*\* - p<0.001, \*\* - p<0.01, \* - p<0.05 – по сравнению с исходным состоянием,

### - p<0.001, ## - p<0.01, # - p<0.05 – по сравнению с комой.

По сравнению с исходным состоянием, полностью восстановились такие показатели, как SDNN, RMSSD, MxDMn, SI, EllSq, LF, HF, TP, LF %, HF %, LF/HF. Вместе с тем через 1 час после купирования комы уровень глюкозы в крови остается низким и такие показатели ВСР, как Mn, Mx, RRNN, ЧСС, CV, Mo, AMo и EllAs, не достигают исходных значений.

Таким образом, введение глюкозы животным, находящимся в состоянии гипогликемической комы, приводит к постепенному восстановлению сердечного ритма, заключающемуся в снижении не только тонуса парасимпатического отдела АНС, но и в снижении активности симпатoadреналовой системы, а следовательно, и общей активности АНС [1, 2]. Купирование гипогликемической комы глюкозой в течение 1 часа не сопровождается полной нормализацией показателей ВСР.

Развитие гипогликемии у животных приводит к увеличению количества сигналов, поступающих от периферических и центральных глюкорцепторов к центрам АНС. Это приводит к повышению активности АНС (в большей степени ее парасимпатического отдела), выявленному в настоящем исследовании. Увеличение активности АНС при гипогликемии направлено, прежде всего, на повышение уровня глюкозы в крови [8, 9].

Вместе с тем результаты проведенного исследования обнаруживают явную связь ритма сердца и уровня гликемии. По мере развития гипогликемии и при повышении уровня глюкозы в крови показатели ВСР закономерно изменяются. Наиболее очевидно эта связь прослеживается в сравнении показателей ВСР через 1 час после введения инсулина и через 15 мин после купирования гипогликемической комы глюкозой, когда степень развития гипогликемии оказалась практически одинаковой (около 2,0 ммоль/л) (табл.). В эти сроки исследования большинство показателей ВСР практически не различаются и обнаруживают одинаковые различия с величинами ВСР в исходном состоянии. Другими словами, выявленные в настоящем исследовании изменения ВСР связаны именно с уровнем гипогликемии.

Маловероятно, что наблюдаемые при гипогликемии изменения ритма сердца могут иметь компенсаторный характер или адаптивное значение. Однако результаты проведенного исследования явно указывают на то, что определение показателей ВСР требует учета и контроля уровня глюкозы в крови. Кроме того, обнаруживаемые в проведенном эксперименте при гипогликемии у исходно здоровых крыс изменения ВСР оказались сходны с теми, которые наблюдаются у животных со стрептозотоциновым диабетом [10].

Нормализация уровня гликемии у пациентов с сахарным диабетом может означать, по сути, гипогликемию в отношении субстратного обеспечения ЦНС, поскольку количество транспортеров для глюкозы в структурах гематоэнцефалического барьера за счет предшествующей гипергликемии снижено [4, 8, 9]. Такая относительная гипогликемия может приводить к изменению тонуса нервных центров, регулирующих ритм сердца, и к развитию нарушений ритма сердца.

### **Библиографический список**

1. Баевский, Р. М. Анализ вариабельности сердечного ритма в космической медицине [Текст] / Р. М. Баевский // Физиология человека. – 2002. – Т. 28. – № 2. – С. 70–82.
2. Баевский, Р. М. Анализ ВСР при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) [Текст] / Р. М. Баевский, Г. Г. Иванов, Л. В. Чирейкин и др. // Вестник аритмологии. – 2001. – № 24. – С. 65–87.
3. Балаболкин, М. И. Диабетология [Текст] / М. И. Балаболкин. – М. : Медицина, 2000. – 672 с.
4. Дедов, И. И., Шестакова, М. В. Сахарный диабет [Текст] / И. И. Дедов, М. В. Шестакова. – М. : Медицина, 2003. – 455 с.

5. Меньшиков, В. В. Лабораторные методы исследования в клинике [Текст] : справочник : В. В. Меньшиков, Л. Н. Делекторская, Р. П. Золотницкая ; под ред. В. В. Меньшикова. – М. : Медицина, 1987. – С. 232–233.

6. Павлова, М. Г. Как избежать опасности гипогликемии – одного из важнейших осложнений терапии сахарного диабета 2-го типа? Роль ингибиторов ДПП-4 [Текст] / М. Г. Павлова, А. В. Зилов // Проблемы эндокринологии. – 2011. – № 3. – С. 48–52.

7. Сальников, Е. В. Вариабельность сердечного ритма у бодрствующих и наркотизированных крыс при воздействии  $\beta$ -адреноблокаторов [Текст] / Е. В. Сальников, М. М. Фатеев, А. В. Сидоров и др. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2007. – Т. 144. – № 10. – С. 372–375.

8. Briscoe, V. J. Hypoglycemia in type 1 and type 2 diabetes: physiology, pathophysiology, and management / V. J. Briscoe, S. N. Davis // Clinical Diabetes. – 2006. – Vol. 24. – P. 115–121.

9. Cryer, P. E. Current concepts: Diverse causes of hypoglycemia-associated autonomic failure in diabetes / P. E. Cryer // N. Engl. J. Med. – 2004. – Vol. 350. – N 22. – P. 2272–2279.

10. Howarth, F. C. Short-term effects of streptozotocin-induced diabetes on the electrocardiogram, physical activity and body temperature in rats / F. C. Howarth, M. Jacobson, O. Naseer, E. Adeghate // Exp. Physiol. – 2005. – Vol. 90. – P. 237–245.

11. Koivikko, M. L. Effects of sustained insulin-included hypoglycemia on cardiovascular autonomic regulation in type 1 diabetes / M. L. Koivikko, P. I. Salmela, K. E. J. Airaksinen et al. // Diabetes. – 2005. – Vol. 54. – P. 744–750.

12. Stockhors, U. Unconditioned and conditioned effects of intravenous insulin and glucose on heart rate variability in healthy men / U. Stockhors, A. Huenig, Dan Ziegler, W. A. Scherbaum // Physiology and Behavior. – 2011. – Vol. 103. – P. 31–38.

13. Vlcek, M. Heart rate variability and catecholamines during hypoglycemia and orthostasis / M. Vlcek, Z. Radikova, A. Penesova et al. // *Autonomic Neuroscience: basic and clinical*. – 2008. – Vol. 143. – P. 53–57.

### **Bibliograficheskij spisok**

1. Baevskij, R. M. Analiz variabel'nosti serdechnogo ritma v kosmicheskoy medicine [Tekst] / R. M. Baevskij // *Fiziologija cheloveka*. – 2002. – T. 28. – № 2. – S. 70–82.

2. Baevskij, R. M. Analiz VSR pri ispol'zovanii razlichnyh jelektrokardiograficheskikh sistem (metodicheskie rekomendacii) [Tekst] / R. M. Baevskij, G. G. Ivanov, L. V. Chirejkin i dr. // *Vestnik aritmologii*. – 2001. – № 24. – S. 65–87.

3. Balabolkin, M. I. Diabetologija [Tekst] / M. I. Balabolkin. – M. : Medicina, 2000. – 672 s.

4. Dedov, I. I., Shestakova M. V. Saharnyj diabet [Tekst] / I. I. Dedov, M. V. Shestakova. – M. : Medicina, 2003. – 455 s.

5. Men'shikov, V. V. Laboratornye metody issledovaniya v klinike [Tekst] / V. V. Men'shikov, L. N. Delektorskaja, R. P. Zolotnickaja. Spravochnik pod red. V. V. Men'shikova. – M. : Medicina. – 1987. – S. 232–233.

6. Pavlova, M. G. Kak izbezhat' opasnosti gipoglikemii – odnogo iz vazhnejshih oslozhnenij terapii saharnogo diabeta 2-go tipa? Rol' ingibitorov DPP-4 [Tekst] / M. G. Pavlova, A. V. Zilov // *Problemy jendokrinologii*. – 2011. – № 3. – S. 48–52.

7. Sal'nikov, E. V. Variabel'nost' serdechnogo ritma u boдрstvujushhix i narkotizirovannyh kryс pri vozdejstvii  $\beta$ -adrenoblokatorov [Tekst] / E. V. Sal'nikov, M. M. Fateev, A. V. Sidorov i dr. // *Bjulleten' jeksperimental'noj biologii i mediciny*. – 2007. – T. 144. – № 10. – S. 372–375.

8. Briscoe, V. J. Hypoglycemia in type 1 and type 2 diabetes: physiology, pathophysiology, and management / V. J. Briscoe, S. N. Davis // *Clinical Diabetes*. – 2006. – Vol. 24. – P. 115–121.

9. Cryer, P. E. Current concepts: Diverse causes of hypoglycemia-associated autonomic failure in diabetes / P. E. Cryer // *N. Engl. J. Med.* – 2004. – Vol. 350. – N 22. – P. 2272–2279.

10. Howarth, F. C. Short-term effects of streptozotocin-induced diabetes on the electrocardiogram, physical activity and body temperature in rats / F. C. Howarth, M. Jacobson, O. Naseer, E. Adeghate // *Exp. Physiol.* – 2005. – Vol. 90. – P. 237–245.

11. Koivikko, M. L. Effects of sustained insulin-included hypoglycemia on cardiovascular autonomic regulation in type 1 diabetes / M. L. Koivikko, P. I. Salmela, K. E. J. Airaksinen et al. // *Diabetes.* – 2005. – Vol. 54. – P. 744–750.

12. Stockhors, U. Unconditioned and conditioned effects of intravenous insulin and glucose on heart rate variability in healthy men / U. Stockhors, A. Huenig, Dan Ziegler, W. A. Scherbaum // *Physiology and Behavior.* – 2011. – Vol. 103. – P. 31–38.

13. Vlcek, M. Heart rate variability and catecholamines during hypoglycemia and orthostasis / M. Vlcek, Z. Radikova, A. Penesova et al. // *Autonomic Neuroscience: basic and clinical.* – 2008. – Vol. 143. – P. 53–57.



**А. Б. Бакиров, Р. А. Сулейманов, Т. К. Валеев, Н. Р. Рахматуллин**

**Гигиеническое обоснование факторов риска здоровью населения территорий с развитой нефтепереработкой**

Рассматриваются факторы риска здоровью населения, обусловленные загрязнением атмосферного воздуха территорий с развитой нефтепереработкой и нефтехимией. По результатам проведенных исследований дана оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха. Представлена характеристика существующего риска здоровью населения, обусловленная воздействием промышленных выбросов. По материалам исследований обоснованы приоритетные факторы опасности, формирующие риски для здоровья населения, проживающего на техногенных территориях.

**Ключевые слова:** атмосферный воздух, нефтехимия, нефтепереработка, оценка риска здоровью, загрязнение.

**A. B. Bakirov, R. A. Sulejmanov, T. K. Valeev, N. R. Rakhmatullin**

**Hygienic substantiation of risk factors to health of the population of territories with the developed oil refining**

The risk factors to health of the population caused by pollution of atmospheric air of territories with the developed oil refining and petrochemistry are considered. By results of the carried out researches the assessment of level of pollution of atmospheric air is given. The characteristic of the existing risk to health of the population caused by impact of industrial emissions is submitted. Based on materials of researches the priority factors of danger forming risks for health of the population living on technogenic territories are proved.

**Keywords:** atmospheric air, petrochemistry, oil refining, an estimation of risk to health, pollution.

Повышенный уровень риска для здоровья населения существует в крупных городах, градообразующим фактором которых являются предприятия нефтепереработки и нефтехимии. В таких городах отмечается высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха углеводородами, формальдегидом, окислами азота, сернистым ангидридом, бенз(а)пиреном, этилбензолом и другими токсичными соединениями [3–4].

Концентрация промышленного производства в Республике Башкортостан существенно превышает общероссийские показатели, особенно в части размещения предприятий нефтепереработки и нефтехимии, выбросы химических веществ в атмосферу которых насчитывают более 200 наименований. Вследствие этого данные территории испытывают значительную химическую нагрузку. В атмосферном воздухе селитебных территорий обнаруживаются высокие концентрации различных вредных химических соединений. Заболеваемость населения, проживающего на этих территориях, является повышенной по целому ряду классов болезней и отдельных нозологий [8–9]. Эта проблема обуславливает необходимость проведения исследований по обоснованию существующих уровней риска для здоровья населения, обусловленных экспозицией потенциально опасных химических загрязнителей; разработке санитарно-гигиенических рекомендаций и управленческих решений, направленных на улучшение условий проживания жителей региона.

**Цель исследований** – обоснование приоритетных факторов опасности, формирующих риски для здоровья населения, проживающего на территориях с развитой нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленностью.

**Материалы и методы.** Для изучения загрязнения атмосферного воздуха были использованы данные об источниках и составе загрязнения атмосферного воздуха на пяти наиболее загрязненных территориях республики (Уфа, Салават,

Стерлитамак, Благовещенск и Туймазы), по данным мониторинга государственного учреждения «Башкирское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», данным социально-гигиенического мониторинга Управления Роспотребнадзора по Республике Башкортостан, результатам собственных натуральных исследований. Определены критерии оценки загрязнения воздуха с учетом индекса загрязнения атмосферы, стандартного индекса и наибольшей повторяемости превышений ПДК любого вещества в этих городах. Анализ и оценка объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу вышеназванных городов от стационарных источников и от автотранспорта проводились на основе данных ежегодных форм государственной статистической отчетности «2-ТП (воздух)» и сводного тома предельно допустимых выбросов изучаемых населенных пунктов и отдельных предприятий. Анализ и оценка показателей здоровья населения (заболеваемость детского и взрослого населения по данным обращаемости и др.) проводились по данным медико-информационного аналитического центра Министерства здравоохранения Республики Башкортостан и годовых отчетов медицинских учреждений на изучаемых территориях. Величины канцерогенного и неканцерогенного рисков рассчитаны в соответствии с Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду [2, 7].

**Результаты и обсуждение.** Многолетние наблюдения Уфимского НИИ медицины труда и экологии человека за формированием состояния объектов окружающей среды и здоровья населения городов с развитой нефтехимией и нефтепереработкой свидетельствуют о массивном загрязнении среды обитания человека. При этом загрязнение атмосферного воздуха и ярко выраженная ответная реакция организма населения наблюдается на расстоянии до 5–10 и более километров от предприятий, а также зависит от мощности и характера сосредоточения группы таких предприятий на ограниченной территории одного или нескольких географических пунктов [1, 5–6].

При этом доминирующие патологии населения, проживающего в регионах с развитой нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленностью, затрагивают органы дыхания, кровь и кроветворные органы. Выявлена тесная корреляционная связь между заболеваемостью и удаленностью проживания населения от нефтехимических комплексов. Особенно высокая корреляция отмечается для болезней органов дыхания, пищеварения и центральной нервной системы. Так, в радиусе проживания до 3 км от предприятий нефтехимии заболеваемость населения выше в 2,6 раза, от 3–6 км – в 2,3 раза, от 6–10 км – в 1,4 раза, чем у остальных жителей этих городов. При углубленном клиническом обследовании 83–90 % взрослого населения предъявляют жалобы на состояние здоровья, при этом преобладают астеноневротические расстройства и боли в области сердца. При объективном осмотре у каждого третьего жителя обнаруживается вегетососудистая дистония, а у каждого четвертого повышено систолическое давление. Электрокардиографические исследования показывают, что у 42–51 % жителей нарушены процессы реполяризации и внутрижелудочковой проводимости. Лимфоцитоз, ретикулоцитоз и моноцитоз выявляются у 46–53 % обследованного населения, что свидетельствует о раздражающем воздействии химических факторов и напряжении компенсаторных механизмов организма. Изменение иммунного статуса у 52–67 % жителей проявляется снижением естественной резистентности организма с формированием на этом фоне аутоиммунных аллергических и иммунокомплексных нарушений [4, 8].

Проведенные расчеты показали, что уровень индивидуального канцерогенного риска при хроническом аэрогенном поступлении канцерогенно опасных веществ на изучаемых территориях находится в диапазоне приемлемого для профессиональных групп и неприемлемого для населения в целом.

Например, в г. Уфе уровень индивидуального канцерогенного риска составил 1,8; в Стерлитамаке – 2,5; а в Салавате – 5,1 случаев на 10 тыс. населения. При этом наибольший вклад в канцерогенный риск вносят бензол (в Уфе – от 28

до 48 %, в Стерлитамаке – 25 %, в Салавате – 22 %), формальдегид (в Уфе – от 27,5 до 47 %, в Стерлитамаке – 20,2 %, в Салавате – 17,7 %), тетрахлорметан (в Уфе – 34,7 %, в Стерлитамаке – 44,4 %, в Салавате – 46,0 %). Вклад в формирование канцерогенного риска экспозицией хлороформом составил от 5,8 до 12,7 %, этилбензолом – 1,4–3,6 %, бенз(а)пиреном – 0,5–1,2 %.

Величины популяционных канцерогенных рисков составили в Уфе – 179,1, Стерлитамаке – 69,12, Салавате – 39,03 дополнительных (к фоновому) случаев злокачественных новообразований, способных возникнуть на протяжении жизни вследствие воздействия перечисленных поллютантов.

Проведенные расчеты риска неканцерогенных эффектов при хроническом ингаляционном воздействии показали, что уровень суммарных индексов опасности комбинированного действия загрязняющих веществ на критические органы и системы находится в диапазоне от 1,5 до 9,1. Полученные результаты свидетельствуют о значительном уровне загрязнения атмосферного воздуха изучаемых территорий и обуславливают высокую вероятность развития неблагоприятных эффектов для здоровья населения.

Аналогичные результаты получены и на других территориях Российской Федерации с развитой нефтехимией и нефтепереработкой. Так, суммарный канцерогенный риск для населения г. Новокуйбышевска в среднем за период 2005–2011 гг. составил 2,4 случаев на 10 тыс. населения (для детей – 1,43 случаев на 1 тыс., для взрослых – 2,83 на 10 тыс.). Популяционный канцерогенный риск установлен на уровне 26,1 дополнительных случаев на 110 729 населения города. Высокая антропогенная нагрузка обуславливает повышенный уровень канцерогенного риска для населения г. Новокуйбышевска. Наибольший вклад в его формирование вносят хром, бензол и формальдегид. Суммарный индекс опасности (риск развития неканцерогенных эффектов), по данным И. И. Березина и В. В. Сучкова (2013), в среднем за 6 лет находился на уровне 8,0 и опре-

делялся уровнем содержания в атмосферном воздухе предельных углеводородов, взвешенных веществ, диоксида азота, меди, сероводорода [3].

**Заключение.** Результаты проведенных исследований позволили выявить приоритетные химические вещества, содержащиеся в атмосферном воздухе, которые определяют риск для здоровья населения на территориях размещения предприятий нефтехимии и нефтепереработки: предельные углеводороды, взвешенные вещества, сероводород, бензол, диоксид серы, оксид этилена, 1,3-бутадиен, пары серной кислоты, формальдегид, ксилол, толуол, изопропилбензол, этилбензол, бенз(а)пирен, тетрахлорметан, аммиак, фенол, диметиламин.

По материалам наших исследований был разработан комплекс эколого-гигиенических мероприятий и управленческих решений, направленных на обеспечение гигиенической безопасности населения, проживающего на территориях с развитой нефтепереработкой [10].

### Библиографический список

1. Бакиров, Б. А., Сулейманов, Р. А., Бакиров, А. Б. Особенности заболеваемости хроническим лимфолейкозом на территориях с развитым многопрофильным производством [Текст] / Б. А. Бакиров, Р. А. Сулейманов, А. Б. Бакиров // Здоровье населения и среда обитания. – 2012. – № 11. – С. 17–19.

2. Беляев, Е. Н., Фокин, М. В., Новиков, С. М., Прусаков, В. М., Шашина, Т. А., Шаяхметов, С. Ф. Актуальные проблемы совершенствования оценки риска здоровью населения для обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия [Текст] / Е. Н. Беляев, М. В. Фокин, С. М. Новиков, В. М. Прусаков, Т. А. Шашина, С. Ф. Шаяхметов // Гигиена и санитария. – 2013. – № 5. – С. 53–55.

3. Березин, И. И., Сучков, В. В. Риск здоровью населения промышленных городов, связанный с содержанием вредных примесей в атмосферном воздухе

[Текст] / И. И. Березин, В. В. Сучков // Здоровье населения и среда обитания. – 2013. – № 10. – С. 39–42.

4. Валеев, Т. К., Сулейманов, Р. А., Рахматуллин, Н. Р. Оценка риска для здоровья населения, проживающего на территориях с развитой нефтехимией и нефтепереработкой [Текст] / Т. К. Валеев, Р. А. Сулейманов, Н. Р. Рахматуллин // Здоровье населения и среда обитания. – 2014. – № 5. – С. 6–8.

5. Валеев, Т. К., Сулейманов, Р. А., Тепикина, Л. А. Гигиеническая оценка риска влияния выбросов нефтехимических предприятий на здоровье населения в условиях производства соединений класса алкилфенолов [Текст] / Т. К. Валеев, Р. А. Сулейманов, Л. А. Тепикина // Медицина труда и промышленная экология. – 2009. – № 11. – С. 23–27.

6. Валеев, Т. К., Сулейманов, Р. А., Малышева, А. Г., Сабирова, З. Ф. Санитарный контроль качества атмосферного воздуха на территориях с развитой нефтехимией [Текст] / Т. К. Валеев, Р. А. Сулейманов, А. Г. Малышева, З. Ф. Сабирова // Материалы XI Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей. – Т. 1. – М., 29–30 марта 2012 г. – С. 353–356.

7. Р 2.1.10.1920–04: Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М., 2004. – 143 с.

8. Сулейманов, Р. А. Сравнительная характеристика выбросов в атмосферу предприятий нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности [Текст] / Р. А. Сулейманов // Гигиена и санитария. – 1997. – № 1. – С. 8–10.

9. Сулейманов, Р. А. Методические подходы к организации социально-гигиенического мониторинга в регионах с развитой нефтехимией и нефтепереработкой [Текст] / Р. А. Сулейманов // Медицина труда и промышленная экология. – 2002. – № 5. – С. 20–24.

10. Сулейманов, Р. А., Валеев, Т. К., Рахматуллин, Н. Р., Степанов, Е. Г. Обоснование гигиенических рекомендаций и управленческих решений по

улучшению качества атмосферного воздуха на территориях с развитой нефтехимией и нефтепереработкой [Текст] / Р. А. Сулейманов, Т. К. Валеев, Н. Р. Рахматуллин, Е. Г. Степанов и др. // Информационно-методическое письмо. – Управление Роспотребнадзора по Республике Башкортостан, Уфа : Мир печати, 2013. – 10 с.

### **Bibliograficheskiy spisok**

1. Bakirov, B. A., Sulejmanov, R. A., Bakirov, A. B. Osobennosti zabolevaemosti hronicheskim limfolejkozom na territorijah s razvitym mnogoprofil'nym proizvodstvom [Tekst] / B. A. Bakirov, R. A. Sulejmanov, A. B. Bakirov // Zdorov'e naselenija i sreda obitanija. – 2012. – № 11. – S. 17–19.

2. Beljaev, E. N., Fokin, M. V., Novikov, S. M., Prusakov, V. M., Shashina, T. A., Shajahmetov, S. F. Aktual'nye problemy sovershenstvovaniya ocenki riska zdorov'ju naselenija dlja obespechenija sanitarno-jepidemiologicheskogo blagopoluchija [Tekst] / E. N. Beljaev, M. V. Fokin, S. M. Novikov, V. M. Prusakov, T. A. Shashina, S. F. Shajahmetov // Gigiena i sanitarija. – 2013. – № 5. – S. 53–55.

3. Berezin, I. I., Suchkov, V. V. Risk zdorov'ju naselenija promyshlennyh gorodov, svjazannyj s sodержaniem vrednyh primesej v atmosfernom vozduhe [Tekst] / I. I. Berezin, V. V. Suchkov // Zdorov'e naselenija i sreda obitanija. – 2013. – № 10. – S. 39–42.

4. Valeev, T. K., Sulejmanov, R. A., Rahmatullin, N. R. Ocenka riska dlja zdorov'ja naselenija, prozhivajushhego na territorijah s razvitoj neftehimiej i neftepererabotkoj [Tekst] / T. K. Valeev, R. A. Sulejmanov, N. R. Rahmatullin // Zdorov'e naselenija i sreda obitanija. – 2014. – № 5. – S. 6–8.

5. Valeev, T. K., Sulejmanov, R. A., Tepikina, L. A. Gigienicheskaja ocenka riska vlijanija vybrosov neftehimicheskikh predpriyatij na zdorov'e naselenija v uslovijah proizvodstva soedinenij klassa alkilfenolov [Tekst] / T. K. Valeev, R. A. Sulejmanov,



L. A. Tepikina // Medicina truda i promyshlennaja jekologija. – 2009. – № 11. – S. 23–27.

6. Valeev, T. K., Sulejmanov, R. A., Malysheva, A. G., Sabirova, Z. F. Sanitarnyj kontrol' kachestva atmosfernogo vozduha na territorijah s razvitoj neftehimiej [Tekst] / T. K. Valeev, R. A. Sulejmanov, A. G. Malysheva, Z. F. Sabirova // Materialy XI Vserossijskogo s#ezda gigienistov i sanitarnyh vrachej. – T. 1. – M., 29–30 marta 2012 g. – S. 353–356.

7. R 2.1.10.1920–04: Rukovodstvo po ocenke riska dlja zdorov'ja naselenija pri vozdejstvii himicheskikh veshhestv, zagrizajushchih okruzhajushhuju sredu. – M., 2004. – 143 s.

8. Sulejmanov, R. A. Sravnitel'naja charakteristika vybrosov v atmosferu predpriyatij neftehimicheskoj i neftepererabatyvajushhej promyshlennosti [Tekst] / R. A. Sulejmanov // Gigiena i sanitarija. – 1997. – № 1. – S. 8–10.

9. Sulejmanov, R. A. Metodicheskie podhody k organizacii social'no-gigienicheskogo monitoringa v regionah s razvitoj neftehimiej i neftepererabotkoj [Tekst] / R. A. Sulejmanov // Medicina truda i promyshlennaja jekologija. – 2002. – № 5. – S. 20–24.

10. Sulejmanov, R. A., Valeev, T. K., Rahmatullin, N. R., Stepanov, E. G. Obosnovanie gigienicheskikh rekomendacij i upravlencheskih reshenij po uluchsheniju kachestva atmosfernogo vozduha na territorijah s razvitoj neftehimiej i neftepererabotkoj [Tekst] / R. A. Sulejmanov, T. K. Valeev, N. R. Rahmatullin, E. G. Stepanov i dr. // Informacionno-metodicheskoe pis'mo. – Upravlenie Rospotrebnadzora po Respublike Bashkortostan, Ufa : Mir pečati, 2013. – 10 s.

**Н. А. Мурашова, П. А. Любошевский**

**Динамика параметров variability сердечного ритма  
и показателей тканевого метаболизма  
при разных способах анестезиологической защиты**

У больных с травмой дистального отдела нижней конечности оперативное вмешательство с применением изолированной спинальной анестезии усиливает симпатикотонию и способствует негативным метаболическим изменениям. Использование местной инфильтрационной анестезии не вызывает усиления симпатического тонуса и в меньшей степени ухудшает тканевой метаболизм. Сочетание спинальной анестезии с блокадой нервов нижней конечности позволяет стабилизировать состояние вегетативной нервной системы и не оказывает негативного влияния на параметры тканевого метаболизма.

**Ключевые слова:** variability сердечного ритма, тканевой метаболизм, симпатикотония, анестезия, травма дистального отдела нижней конечности, хирургическое лечение.

**N. A. Murashova, P. A. Lyuboshevsky**

**Dynamics of parameters of heart rhythm variability  
and tissue metabolism at different types of anesthesia**

Surgery with the use of isolated spinal anesthesia enhances sympathetic tone and contributes to negative metabolic changes in patients with trauma of the distal part of lower extremity. The use of local infiltration anesthesia does not increase sympathetic tone and to a lesser extent worsens tissue metabolism. The combination of spinal anesthesia with blockade of nerves of the lower limb allows to stabilize a condition of

the autonomic nervous system and has no negative impact on the parameters of tissue metabolism.

**Keywords:** heart rhythm variability, tissue metabolism, sympathetic tone, anesthesia, trauma of the distal part of lower extremity, surgical treatment.

### **Введение**

Травма стопы и голеностопного сустава широко распространена среди населения трудоспособного возраста. В настоящее время большая часть таких пациентов подвергается оперативному лечению, что позволяет избежать ухудшения качества жизни и инвалидизации [3, 4, 8]. Травма и оперативное вмешательство – типичный пример воздействия на организм стрессорного раздражителя, вызывающего формирование реакций адаптации и дезадаптации, которые реализуются посредством вегетативной нервной системы [5, 7]. Гиперсимпатикотоническая реакция организма сопровождается катехоламинемией, активацией системного воспаления и системы гемостаза и фибринолиза, нарушением реологических свойств крови, изменениями показателей тканевого метаболизма, что утяжеляет проявления хирургического стресс-ответа, в том числе и выраженность болевого синдрома [5, 6]. Пациенты с травмой дистального отдела нижней конечности характеризуются высокой интенсивностью боли в раннем послеоперационном периоде [4, 7]. Однако влияние анестезии на состояние вегетативной нервной системы в периоперационном периоде остается недостаточно изученным. В связи с этим целью данной работы явилось исследование динамики параметров variability сердечного ритма и показателей тканевого метаболизма при разных вариантах анестезиологической защиты.

### **Материал и методы исследования**

Обследованы 105 пациентов (мужчины) в возрасте от 25 до 58 лет, оперированных по поводу травмы стопы и голеностопного сустава на базе ГУЗ КБ СМП им. Н. В. Соловьева г. Ярославля.

В зависимости от способа анестезиологического обеспечения все пациенты были разделены на 3 группы по 35 человек. В первую группу вошли больные со спинальной анестезией. Вторую группу составили пациенты с сочетанием спинальной и местной анестезии зоны оперативного вмешательства. Больным третьей группы, помимо спинальной анестезии, выполнялась проводниковая анестезия периферических нервов нижней конечности. Пациенты всех групп получали системное послеоперационное обезболивание: наркотические (тримеперидин) «по требованию» и нестероидные противовоспалительные средства (кеторолак 90 мг в сутки).

Интенсивность болевого синдрома исследовалась на основании субъективной оценки чувства боли и выражалась количественно при помощи 100-миллиметровой визуальной аналоговой шкалы боли (ВАШ) от 0 (нет боли) до 100 (максимально возможная боль) баллов.

Для оценки состояния вегетативной нервной системы использовался метод кардиоинтервалографии (КИГ) по Р. М. Баевскому. Для исследования был использован вегетотестер ВНС – Ритм (Нейрософт, Иваново), который предусматривает автоматическую запись и анализ электрокардиограмм и проведение кардиоинтервалографии с анализом и построением гистограмм. Регистрировались показатели частоты сердечных сокращений, моды (Мо), амплитуды моды (АМо), индекса напряжения (ИН). Содержание глюкозы и лактата в венозной крови определяли аппаратом Accutrend Plus (Roche Diagnostics GmbH, Германия).

Исследование интенсивности болевого синдрома, параметров вариабельности сердечного ритма, показателей тканевого метаболизма проводилось до операции и через 24 часа после нее.

Полученные результаты подвергались статистической обработке пакетами программ Microsoft Office Excel 2010 (Microsoft Corp, США) и Statistica 8.0 (StatSoft Inc, США); вычислялось среднее арифметическое (М) и стандартное отклонение (s), для сравнения групп использовались методы непараметриче-

ской статистики: для несвязанных групп использовался U-критерий Манна – Уитни, для связанных – критерий Вилкоксона.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

В результате проведенного исследования выявлено, что в предоперационном периоде у пациентов всех трех групп отмечалась выраженная симпатикотония. Индекс напряжения был равен  $294,2 \pm 41,6$  усл. ед.

Исследование болевого синдрома выявило, что во всех трех группах пациентов интенсивность боли по ВАШ до операции достоверно не различалась и составляла в среднем 2,3 балла в покое. Спустя 24 часа после операции у пациентов первой группы болевой синдром оценивался в среднем на  $51 \pm 3$  балла по ВАШ в покое и  $69 \pm 4$  балла при движении.

Спустя 24 часа после оперативного вмешательства у пациентов в группе со спинальной анестезией происходило еще более выраженное повышение тонуса симпатической нервной системы: индекс напряжения достоверно увеличился на 23 % и составил 358 усл. ед., возрос показатель амплитуды моды ( $32,76 \pm 2,49$  %) и снизился параметр моды ( $0,713 \pm 0,02$  сек) (Рисунок 1).

Концентрация глюкозы в крови у пациентов первой группы до операции составляла  $4,7 \pm 0,62$  ммоль/л. Спустя 24 часа после оперативного вмешательства данный показатель возрос на 45 % (Таблица 1). Концентрация лактата смешанной венозной крови в дооперационном периоде составила  $1,2 \pm 0,14$  ммоль/л. Спустя 24 часа после оперативного вмешательства данный показатель у пациентов 1 группы возрос на 33 %.

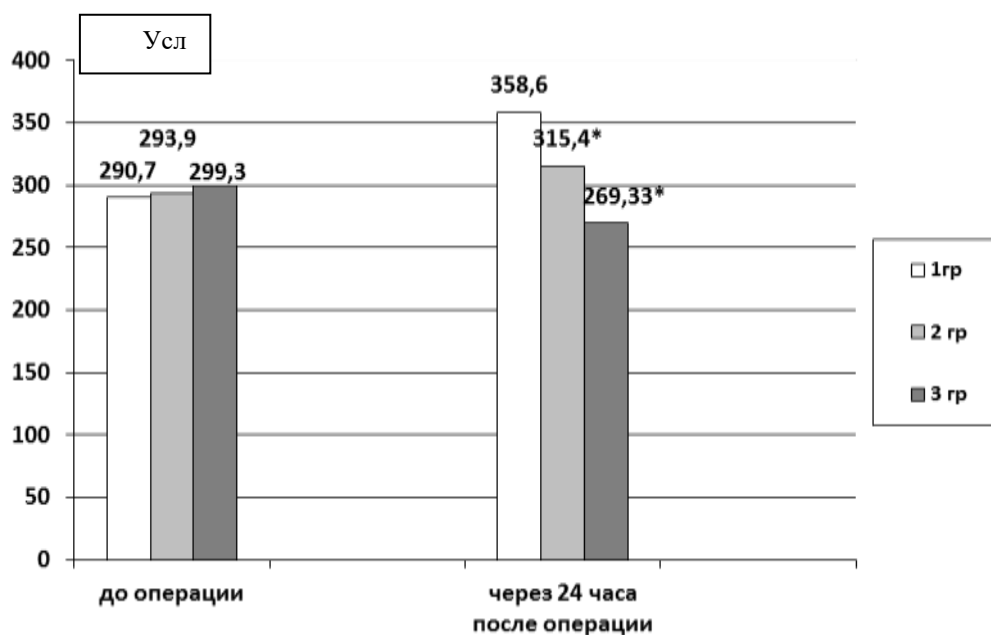


Рисунок 1. Сравнение показателя индекса напряжения у пациентов исследуемых групп в раннем послеоперационном периоде

Примечание. Достоверность различий между группами, по сравнению с первой группой пациентов, обозначена следующим образом: \* –  $p < 0,05$ .

У пациентов второй группы интенсивность болевого синдрома спустя 24 часа достоверно не отличалась от его выраженности у пациентов первой группы. У пациентов в группе со спинальной и местной инфльтрационной анестезией спустя 24 часа после оперативного вмешательства отмечалось некоторое повышение тонуса симпатической нервной системы, но менее выраженное в сравнении с пациентами первой группы. Индекс напряжения увеличился, по сравнению с дооперационным периодом, но был на 12 % ниже, по сравнению со значениями этого показателя у пациентов 1 группы. Значение концентрации глюкозы в крови у пациентов второй группы до операции составляло в среднем  $5,0 \pm 0,7$  ммоль/л. Спустя 24 часа после оперативного вмешательства величина данного показателя увеличилась на 16 %. Концентрация лактата смешанной венозной крови в дооперационном периоде составила  $1,04 \pm 0,16$  ммоль/л. Спустя 24 часа после оперативного вмешательства данный показатель у пациентов 2 группы возрос на 27 %.

Таблица 1

**Динамика показателей тканевого метаболизма у больных с травмой дистального отдела нижней конечности в раннем послеоперационном периоде при разных вариантах анестезии**

Группы больных	До операции		Через 24 часа	
	Глюкоза, ммоль/л	Лактат, ммоль/л	Глюкоза, ммоль/л	Лактат, ммоль/л
Первая группа	4,7±0,62	1,2±0,14	6,8±0,8*	1,6±0,11*
Вторая группа	5,0±0,7	1,04±0,16	5,9±0,8*	1,4±0,14*
Третья группа	4,8±0,55	1,1±0,2	5,6±0,7*	1,36±0,2*

Примечание. В таблице достоверность изменения, по сравнению с дооперационным периодом, обозначена следующим образом: \* –  $p < 0,05$ .

Болевой синдром наименьшей интенсивности отмечался у пациентов 3 группы (43±4 балла по ВАШ в покое и 55±5 баллов при движении). Его значения были ниже на 19 % в покое и на 25 % при движении, по сравнению с данными, полученными в первой группе. У больных в группе со спинальной анестезией и блокадой нервов нижней конечности спустя 24 часа после оперативного вмешательства наблюдалось снижение тонуса симпатической нервной системы. Индекс напряжения был на 25 % ниже, по сравнению с его значениями у пациентов 1 группы, амплитуда моды на 17 % ниже, показатель моды на 10 % превышал значения этого параметра в 1 группе. Значение концентрации глюкозы у пациентов в третьей группе до операции составляло в среднем 4,8±0,55 ммоль/л. Спустя 24 часа после оперативного вмешательства данный показатель увеличился на 12 %. Уровень лактата смешанной венозной крови в дооперационном периоде составил 1,1±0,2 ммоль/л. Спустя 24 часа после оперативного вмешательства данный показатель у пациентов третьей группы возрос на 18 %.

Таким образом, в дооперационном периоде значения уровня гликемии и лактатемии не превышали нормальных во всех трех исследуемых группах.

Спустя 24 часа после оперативного вмешательства в группе больных со спинальной анестезией отмечалось наибольшее возрастание уровня глюкозы и уровня лактата. Во второй группе данные параметры также возрастали спустя 24 часа после оперативного вмешательства, но их значения были достоверно ниже (на 13 % для глюкозы и на 12 % для лактата), по сравнению с показателями 1 группы. У пациентов третьей группы прирост уровня гликемии и лактатемии был минимальный, по сравнению с 1 и 2 группами. Послеоперационные значения уровня глюкозы были на 18 % ниже, по сравнению с 1 группой, а уровня лактата – на 15 % ниже.

Известно, что уровень индекса напряжения позволяет оценить степень напряжения компенсаторно-адаптивных механизмов организма, активность механизмов симпатической регуляции, состояние центрального контура регулирования (кора головного мозга, гипоталамо-гипофизарные и подкорковые вегетативные центры) и степень его преобладания над автономным контуром регулирования (легкие, синусовый узел, ядра блуждающего нерва) [1, 2, 5]. Исследование состояния вегетативной нервной системы показало, что у пациентов 1 группы укреплялась симпатикотония в послеоперационном периоде. Вероятно, это было связано с недостаточной эффективностью послеоперационной анальгезии, что подтверждается наиболее высокими оценками интенсивности боли по ВАШ.

Выполнение операций на дистальном отделе нижней конечности под спинальной анестезией в сочетании с местной инфильтрационной анестезией также сопровождалось симпатотонической реакцией вегетативной нервной системы в раннем послеоперационном периоде, однако менее выраженной, по сравнению с пациентами первой группы. Вероятно, данные изменения были связаны с блокадой части нервных импульсов от ноцицепторов к спинному мозгу.

Пациенты, которым выполнялась спинальная анестезия и регионарная блокада нервов нижней конечности, характеризовались снижением симпатического



тонуса в раннем послеоперационном периоде, а также наименьшими негативными изменениями показателей тканевого метаболизма. Таким образом, блокада нервов нижней конечности не только обеспечивает более адекватное и длительное послеоперационное обезболивание после операций на стопе и голеностопном суставе, но и способствует стабилизации нейровегетативного гомеостаза.

### **Выводы**

1. Травма и оперативное вмешательство на дистальных отделах нижней конечности способствуют активации симпатической нервной системы.
2. Применение спинальной анестезии сопровождается выраженной симпатикотонией в послеоперационном периоде, возрастанием уровня гликемии и лактатемии.
3. Комбинация спинальной анестезии с блокадами нервов нижней конечности способствует повышению адекватности послеоперационного обезболивания и стабилизации состояния вегетативной нервной системы и показателей тканевого метаболизма.

### **Библиографический список**

1. Баевский, Р. М. Проблема оценки и прогнозирования функционального состояния организма и ее развитие в космической медицине [Текст] / Р. М. Баевский // Успехи физиологических наук. – 2006. – Т. 37. – № 3. – С. 42–57.
2. Зайцев, В. К. Методика вариационной пульсометрии [Текст] / В. К. Зайцев, В. А. Киселев // Медицинские новости. – 2010. – № 7. – С. 12–17.
3. Исмаилов, Г. Р. Оперативное лечение взрослых больных с деформациями, дефектами и аномалиями развития костей стопы методом чрескостного остеосинтеза [Текст]: автореф. ... дис. д-ра мед. наук / Г. Р. Исмаилов. – Пермь, 2000. – 48 с.

4. Мурашова, Н. А. Изменение гемореологического статуса организма пациентов с травмой дистального отдела нижней конечности под влиянием разных вариантов анестезии [Текст] / Н. А. Мурашова, П. А. Любошевский, А. Г. Гуцин // Тромбоз, гемостаз и реология. – 2014. – № 3. – С. 15–19.

5. Овечкин, А. М. Хирургический стресс-ответ, его патофизиологическая значимость и способы модуляции [Текст] / А. М. Овечкин // Регионарная анестезия и лечение острой боли. – 2008. – № 2. – С. 49–62.

6. Полутова, Н. В. О патогенетической взаимосвязи нарушений метаболического статуса, клеточного состава и реологических свойств крови при поверхностной термической травме, их диагностическое и прогностическое значение [Текст] / Н. В. Полутова, Н. П. Чеснокова, Н. В. Островский, Т. А. Невважай // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2011. – Т. 7. – № 4. – С. 795–800.

7. Hunt, K. J. Continuous peripheral nerve blockade as postoperative for open treatment of calcaneal fractures / K. J. Hunt, T. F. Higgins, C. V. Carlston, J. R. Swenson, J. E. McEachern, T. C. Beals // J. Orthop. Trauma. – 2010. – Vol. 24(3). – P. 148–155.

8. Samuel, R. The efficacy of combined popliteal and ankle blocks in forefoot surgery / R. Samuel, A. Sloan, K. Patel, M. Aglan, A. Zubairy // J. Bone Joint Surg. Am. – 2008. – Vol. 90(7). – P. 1443–1446.

### **Bibliograficheskij spisok**

1. Baevskij, R. M. Problema ocenki i prognozirovaniya funkcional'nogo sostojaniya organizma i ee razvitie v kosmicheskoj medicine [Текст] / R. M. Baevskij // Uspehi fiziologicheskikh nauk. – 2006. – Т. 37. – № 3. – S. 42–57.

2. Zajcev, V. K. Metodika variacionnoj pul'sometrii [Текст] / V. K. Zajcev, V. A. Kiselev // Medicinskie novosti. – 2010. – № 7. – S. 12–17.

3. Ismajlov, G. R. Operativnoe lechenie vzroslyh bol'nyh s deformatsijami, defektami i anomalijami razvitija kostej stopy metodom chreskostnogo osteosinteza [Tekst] : avtoref. ... dis. dokt. med. nauk / G. R. Ismajlov. – Perm', 2000. – 48 s.

4. Murashova, N. A. Izmenenie gemoreologicheskogo statusa organizma pacientov s travmoj distal'nogo otdela nizhnej konechnosti pod vlijaniem raznyh variantov anestezii [Tekst] / N. A. Murashova, P. A. Ljuboshevskij, A. G. Gushhin // Tromboz, gemostaz i reologija. – 2014. – № 3. – S. 15–19.

5. Ovechkin, A. M. Hirurgicheskij stress-otvet, ego patofiziologicheskaja znachimost' i sposoby moduljatsii [Tekst] / A. M. Ovechkin // Regionarnaja anestezija i lechenie ostroj boli. – 2008. – № 2. – S. 49–62.

6. Polutova, N. V. O patogeneticheskoy vzaimosvjazi narushenij metabolicheskogo statusa, kletohnogo sostava i reologicheskikh svojstv krovi pri poverhnostnoj termicheskoj travme, ih diagnosticheskoe i prognosticheskoe znachenie [Tekst] / N. V. Polutova, N. P. Chesnokova, N. V. Ostrovskij, T. A. Nevvazhaj // Saratovskij nauchno-medicinskij zhurnal. – 2011. – T. 7. – № 4. – S. 795–800.

7. Hunt, K. J. Continuous peripheral nerve blockade as postoperative for open treatment of calcaneal fractures / K. J. Hunt, T. F. Higgins, C. V. Carlston, J. R. Swenson, J. E. McEachern, T. C. Beals // J. Orthop. Trauma. – 2010. – Vol. 24(3). – P. 148–155.

8. Samuel, R. The efficacy of combined popliteal and ankle blocks in forefoot surgery / R. Samuel, A. Sloan, K. Patel, M. Aglan, A. Zubairy // J. Bone Joint Surg. Am. – 2008. – Vol. 90(7). – P. 1443–1446.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

---

**Бакиров Ахат Бариевич** – доктор медицинских наук, профессор, академик Академии наук Республики Башкортостан, директор ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека». 450106, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Степана Кувыкина, д. 94.

E-mail: [bakirov@anrb.ru](mailto:bakirov@anrb.ru)

**Валеев Тимур Камилевич** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела медицинской экологии ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека». 450106, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Степана Кувыкина, д. 94.

E-mail: [valeevtk2011@mail.ru](mailto:valeevtk2011@mail.ru)

**Варенцов Вячеслав Евгеньевич** – аспирант кафедры анатомии человека ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет». 150000, г. Ярославль, ул. Революционная, д. 5.

E-mail: [yagmamph@mail.ru](mailto:yagmamph@mail.ru)

**Гущин Александр Сергеевич** – студент 5 курса лечебного факультета ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет». 150000, г. Ярославль, ул. Революционная, д. 5.

E-mail: [yarbiochimic@newmail.ru](mailto:yarbiochimic@newmail.ru)

**Гущин Алексей Геннадьевич** – доктор медицинских наук, профессор, ведущий кафедрой безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет им. К. Д. Ушинского». 150000, г. Ярославль, ул. Республиканская, д. 108.

E-mail: [a.gushchin@yspu.org](mailto:a.gushchin@yspu.org)

**Крымов Сергей Павлович** – магистрант кафедры безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет им. К. Д. Ушинского». 150000, г. Ярославль, ул. Республиканская, д. 108.

E-mail: [serginfo2009@mail.ru](mailto:serginfo2009@mail.ru)

**Любошевский Павел Александрович** – доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой анестезиологии и реаниматологии ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет». 150000, г. Ярославль, ул. Революционная, д. 5.

E-mail: [pal\\_ysma@mail.ru](mailto:pal_ysma@mail.ru)

**Михайлов Павел Валентинович** – кандидат биологических наук, доцент кафедры спортивных дисциплин ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет им. К. Д. Ушинского». 150000, г. Ярославль, ул. Республиканская, 108.

E-mail: [mikhaylovpavel@pochta.ru](mailto:mikhaylovpavel@pochta.ru)

**Муравьёв Алексей Васильевич** – доктор биологических наук, профессор кафедры медико-биологических основ спорта ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет им. К. Д. Ушинского». 150000, г. Ярославль, ул. Республиканская, д. 108.

E-mail: [alexei.47@mail.ru](mailto:alexei.47@mail.ru)

**Муравьёв Антон Алексеевич** – кандидат биологических наук, доцент кафедры физической культуры ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова», 150003, г. Ярославль, ул. Советская, 14.

E-mail: [anton@yspu.yar.ru](mailto:anton@yspu.yar.ru)

**Мурашова Наталия Алексеевна** – аспирантка кафедры анестезиологии и реаниматологии ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет». 150000, г. Ярославль, ул. Революционная, д. 5.

E-mail: [nata974@yandex.ru](mailto:nata974@yandex.ru)

**Остроумов Роман Сергеевич** – ассистент кафедры теории физической культуры ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет им. К. Д. Ушинского». 150000, г. Ярославль, ул. Республиканская, д. 108.

E-mail: [masterromario@mail.ru](mailto:masterromario@mail.ru)

***Рахматуллин Наиль Равилович*** – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела медицинской экологии ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека». 450106, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Степана Кувыкина, д. 94.

E-mail: [nailnii@mail.ru](mailto:nailnii@mail.ru)

***Сулейманов Рафаил Анварович*** – доктор медицинских наук, заведующий отделом медицинской экологии ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека». 450106, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Степана Кувыкина, д. 94.

E-mail: [rafs52@mail.ru](mailto:rafs52@mail.ru)

***Телушкин Павел Константинович*** – доктор биологических наук, доцент кафедры биологической и общей химии ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет». 150000, г. Ярославль, ул. Революционная, д. 5.

E-mail: [yarbiochimic@newmail.ru](mailto:yarbiochimic@newmail.ru)

***Фатеев Михаил Михайлович*** – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой медицинской физики ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет». 150000, г. Ярославль, ул. Революционная, д. 5.

E-mail: [yagmamph@mail.ru](mailto:yagmamph@mail.ru)

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

---

***Bakirov Akhat Barievich*** – Doctor of Medical Sciences, Professor, Academician of Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan, Director of Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology. 450106, Republic of Bashkortostan, Ufa, Stepan Kuvykin Street, 94.

E-mail: [bakirov@anrb.ru](mailto:bakirov@anrb.ru)

***Valeev Timur Kamilevich*** – Candidate of Biological Sciences, Senior Research Associate of the Medical Ecology Department of Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology. 450106, Republic of Bashkortostan, Ufa, Stepan Kuvykin Street, 94.

E-mail: [valeevtk2011@mail.ru](mailto:valeevtk2011@mail.ru)

***Varentsov Vyacheslav Evgenyevich*** – a post-graduate student of the Department of Human Anatomy of Yaroslavl State Medical University. 150000, Yaroslavl, Revolyutsionnaya Street., 5.

E-mail: [yagmamph@mail.ru](mailto:yagmamph@mail.ru)

***Gushchin Alexander Sergeevich*** – a student of the 5th course of Treatment Faculty of Yaroslavl State Medical University. 150000, Yaroslavl, Revolyutsionnaya Street., 5.

E-mail: [yarbiochimic@newmail.ru](mailto:yarbiochimic@newmail.ru)

***Gushchin Alexey Gennadievich*** – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Life Safety Department of Yaroslavl State Pedagogical University named after K. D. Ushinsky. 150000, Yaroslavl, Respublikanskaya Street, 108.

E-mail: [a.gushchin@yspu.org](mailto:a.gushchin@yspu.org)

***Krymov Sergey Pavlovich*** – a graduate student of the Life Safety Department of Yaroslavl State Pedagogical University named after K. D. Ushinsky. 150000, Yaroslavl, Respublikanskaya Street, 108.

E-mail: [serginfo2009@mail.ru](mailto:serginfo2009@mail.ru)

***Lyuboshevsky Pavel Aleksandrovich*** – Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Anesthesiology and Resuscitation Department of Yaroslavl State Medical University. 150000, Yaroslavl, Revolyutsionnaya Street., 5.

E-mail: [pal\\_ysma@mail.ru](mailto:pal_ysma@mail.ru)

***Mikhaylov Pavel Valentinovich*** – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Sports Disciplines Department of Yaroslavl State Pedagogical University named after K. D. Ushinsky. 150000, Yaroslavl, Respublikanskaya Street, 108.

E-mail: [mikhaylovpavel@pochta.ru](mailto:mikhaylovpavel@pochta.ru)

***Muravyov Alexey Vasilievich*** – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Medical and Biological Bases of Sports Department of Yaroslavl State Pedagogical University named after K. D. Ushinsky. 150000, Yaroslavl, Respublikanskaya Street, 108.

E-mail: [alexei.47@mail.ru](mailto:alexei.47@mail.ru)

***Muravyov Anton Alexeevich*** – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Physical Training Department of Yaroslavl State University named after P. G. Demidov. 150000, Yaroslavl, Sovetskaya Street, 14.

E-mail: [anton@yspu.yar.ru](mailto:anton@yspu.yar.ru)



***Murashova Natalia Alekseevna*** – a post-graduate student of the Anesthesiology and Resuscitation Department of Yaroslavl State Medical University. 150000, Yaroslavl, Revolyutsionnaya Street., 5.

E-mail: [nata974@yandex.ru](mailto:nata974@yandex.ru)

***Ostroumov Roman Sergeevich*** – a teacher of the Medical and Biological Bases of Sports Department of Yaroslavl State Pedagogical University named after K. D. Ushinsky. 150000, Yaroslavl, Respublikanskaya Street, 108.

E-mail: [masterromario@mail.ru](mailto:masterromario@mail.ru)

***Rakhmatullin Nail Ravilovich*** – Candidate of Biological Sciences, Senior Research Associate of the Medical Ecology Department of Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology. 450106, Republic of Bashkortostan, Ufa, Stepan Kuvykin Street, 94.

E-mail: [nailnii@mail.ru](mailto:nailnii@mail.ru)

***Sulejmanov Rafail Anvarovich*** – Doctor of Medical Sciences, Head of the Medical Ecology Department of Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology. 450106, Republic of Bashkortostan, Ufa, Stepan Kuvykin Street, 94.

E-mail: [rafs52@mail.ru](mailto:rafs52@mail.ru)

***Telushkin Pavel Konstantinovich*** – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor of the Biological and General Chemistry Department of Yaroslavl State Medical University. 150000, Yaroslavl, Revolyutsionnaya Street., 5.

E-mail: [yarbiochimic@newmail.ru](mailto:yarbiochimic@newmail.ru)

*Fateev Mikhail Mikhaylovich* – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Medical Physics Department of Yaroslavl State Medical University. 150000, Yaroslavl, Revolyutsionnaya Street., 5.

E-mail: [yagmamph@mail.ru](mailto:yagmamph@mail.ru)

# **БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА**

## **SECURITY OF HUMAN HEALTH**

*Электронный научный журнал*

2016 – № 1

Главный редактор А.Г. Гуцин

Редактор М. А. Кротова

Технический редактор С.А. Сосновцева

Переводы на английский язык – А.Г. Гуцин, А.В. Муравьев

2,6 уч.-изд. л.

Дата выхода в свет: 28.07.2016

Издатель

ФГБОУ ВО «Ярославский государственный  
педагогический университет им. К. Д. Ушинского» (ЯГПУ)  
150000, г. Ярославль, Республиканская ул., 108