

Министерство просвещения Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический
университет им. К.Д. Ушинского»

МИКРОЦИРКУЛЯЦИЯ И ГЕМОРЕОЛОГИЯ
XV МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ПО МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ И ГЕМОРЕОЛОГИИ
(5-7 ИЮЛЯ 2025 ГОДА)

Материалы научной конференции

Ярославль, 2025

© ФГБОУ ВО «Ярославский
государственный педагогический
университет им. К.Д. Ушинского», 2025
© Авторы материалов, 2025
ISBN 978-5-00089-806-2

УДК 612.1,531/534
ББК 28.707
М59

Издается по решению редакционно-
издательского совета ЯГПУ им. К.Д. Ушинского

Рецензенты:

М.М. Фатеев, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой медицинской физики с курсом медицинской информатики ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет»;

В.Н. Левин, доктор медицинских наук, заслуженный деятель науки, профессор, заведующий кафедрой медико-биологических основ спорта ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет им.К.Д. Ушинского»

Микроциркуляция и гемореология: XV международная конференция по микроциркуляции и гемореологии : материалы международной научной конференции (5-7 июля 2025 года) / под научной редакцией А.В. Муравьева. – Ярославль : РИО ЯГПУ, 2025. – 102 с. ISBN 978-5-00089-806-2

Сборник материалов конференции включает тезисы докладов по фундаментальным и клиническим проблемам микроциркуляции, гемореологии и гемостазиологии. Представлены материалы по исследованию сосудистого тонуса, параметров микрокровотока, ангиогенеза, функции эндотелия, реологического поведения клеток крови в норме и при патологии. В части работ рассмотрены клеточные и молекулярные механизмы изменений параметров микроциркуляции и гемореологии. Широко представлены работы, выполненные с применением методов лазерной доплеровской флоуметрии и высокочастотной ультразвуковой доплерографии.

Издание выполнено в программе Adobe Acrobat Professional, минимальные системные требования: 1,3 Гц, Windows. Оперативная память 256 Мб. 8x CD-ROM. Использование программой Adobe Reader.

УДК 612.1,531/534
ББК 28.707

Текстовое электронное издание

ISBN 978-5-00089-806-2

© ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского», 2025
© Авторы материалов, 2025

Научное издание

**Микроциркуляция и гемореология
XV международная конференция по микроциркуляции и гемореологии**

Материалы международной научной конференции
(5-7 июля 2025 года)

Научный редактор:
доктор биологических наук, профессор
Алексей Васильевич Муравьев

Все материалы издаются в авторской редакции

Технический редактор С.А. Сосновцева
Объем текстового материала 8 уч.-изд. л. Объем издания 5,10 Мб
Тираж 50 экз.
Комплектация издания – 1 диск (CD)

Редакционно-издательский отдел
ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет
им. К.Д. Ушинского» (РИО ЯГПУ)
150066, г. Ярославль, ул. Республиканская, 108/1

Запись на материальный носитель осуществил И. А. Осетров

ДИНАМИКА МИКРОЦИРКУЛЯТОРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ У КОМОРБИДНЫХ ПАЦИЕНТОВ С ТРОФИЧЕСКИМИ НАРУШЕНИЯМИ.**Андожская Ю.С.¹, Акинъхова И.А.², Новикова А.С.¹, Рыбаков Г.В.¹**ФГБОУ ВО «ПСПбГМУ им. И. П. Павлова»¹, ООО "Меди Проф", Санкт-Петербург²Andozhskaya@mail.ru

Цель. Оценить динамику микроциркуляторных изменений при лечении трофических язв (ТЯ) у коморбидных пациентов.

Материалы. Обследовано 69 пациентов 49-82 лет, 26 мужчин и 43 женщины, с ТЯ голени и стопы не более 3 см в диаметре, на фоне декомпенсированного сахарного диабета (СД) 2 типа в сочетании с хронической венозной недостаточностью (ХВН) СЕАР 2 и артериальной ишемией ПА по Фонтейну. На коже вокруг ТЯ датчиком 25МГц выполняли высокочастотную ультразвуковую доплерографию в начале и через 4, 6, 8 недель лечения местными средствами. 29 больным I группы последовательно внутривенно вводили инсулин короткого действия (ИКД) и сулодексид 600 ЛЕ до стабилизации уровня гликемии, с последующим пероральным применением сахароснижающих препаратов (ССП) и сулодексида 250ЛЕ 2 раза в сутки и до заживления ТЯ. 40 пациентам II группы внутривенного вводили только ИКД, последующий перевод на пероральный прием ССП был не всегда возможен.

Результаты. У I группы стабилизация показателей гликемии была более быстрой, что способствовало артериализации микроциркуляторного кровотока в зоне трофических расстройств и более быстрому заживлению ТЯ, по сравнению с пациентами II группы.

Заключение. Последовательное применение ИКД и сулодексида при декомпенсированном СД 2 типа на фоне ХВН СЕАР 2 и артериальной ишемии ПА по Фонтейну способствует артериализации микроциркуляторного кровотока, более быстрому заживлению ТЯ и сокращению сроков лечения.

DYNAMICS OF MICROCIRCULATORY CHANGES IN COMORBID PATIENTS WITH TROPHIC DISORDERS**Andozhskaya Y.S.¹, Akinkhova I.A.², Novikova A.S.¹, Rybakov G.V.¹**FSBBI I.P.Pavlov SPbSMU MOH¹, Medi Prof LLC, St. Peterburg²Andozhskaya@mail.ru

Goal. To evaluate the dynamics of microcirculatory changes in the treatment of trophic ulcers (TU) in comorbid patients.

Materials. 69 patients, 26 men, 43 women, 49-82 years old, with TU of the lower leg and foot no more than 3 cm in diameter on decompensated diabetes type 2 in combination with chronic venous insufficiency (CVI) CEAP 2 and arterial ischemia IIA according to Fontaine were examined.. High-frequency ultrasound dopplerography was performed on the skin around the TU with a 25 MHz sensor at the beginning and after 4, 6, 8 weeks of treatment with topical agents. Group I - 29 patients received intravenously short-acting insulin (SAI), then sulodexide 600 IU until glycemic levels stabilized, followed by oral administration of hypoglycemic drugs (HD) and sulodexide 250 IU 2 times a day until TU healed. Only SAI was administered intravenously to group II-40 patients, subsequent transfer to an oral dose of HD was not always possible.

Results. In group I, the stabilization of glycemic indices was faster, which contributed to the arterialization of microcirculatory blood flow in the area of trophic disorders and faster healing of TU, compared with patients in group II.

Conclusion. The consistent use of SAI and sulodexide in patients with decompensated diabetes type 2 and CVI CEAP2 and arterial ischemia type IIA according to Fontaine contributes to arterialization of microcirculatory blood flow, faster healing of TU and shorter treatment time.

ВЛИЯНИЕ НЕМБУТАЛА НА МИКРОЦИРКУЛЯЦИЮ В ЛИМФАТИЧЕСКИХ МИКРОСОСУДАХ БРЫЖЕЙКИ ТОНКОЙ КИШКИ КРЫСЫ И ИЗМЕНЕНИЕ ЕГО НАРКОТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ОПИОИДНЫМ ЛИМФОСТИМУЛЯТОРОМ

Ардасенов А.В., Хугаева В.К.

ФГБНУ «НИИОПП», Москва, РОССИЯ

Цель работы: изучение влияния средств, используемых для наркотизации экспериментальных животных, на микроциркуляцию в кровеносных и лимфатических микрососудах при изучении лимфостимуляторов пептидной природы.

Методы исследования: Биомикроскопия микрососудов брыжейки тонкой кишки крысы по общепринятой методике; регистрация сократительной активности стенки и клапанов лимфатических микрососудов методом оптической фотометрии, разработанным в лаборатории. Нембутал (этаминал натрия) для наркотизации крыс и мышей использовали в дозах 50, 75 и 100 мг/кг внутримышечно; для изучения локального влияния на сократительную активность лимфатических микрососудов использовали аппликацию 0.1мл 2% раствора. Опииодные пептиды (лейэнкефалин, даларгин, и их аналоги), аминокислоты (тирозин, аргинин), брадикинин и его аналоги использовали в дозах 0.004-400.0 мкг/кг в 0.1 мл изотонического раствора хлорида натрия. **Результаты.** С увеличением дозы нембутала продолжительность сна увеличивалась. Аппликация нембутала на поверхность, активированных лейэнкефалином, лимфатических микрососудов (частота сокращения стенки 10-20 в мин.) сразу прекращалась (частота 0 в мин) и сохранялась длительное время. Повторное отмывание поверхности брыжейки изотоническим раствором хлорида натрия не восстанавливало моторику лимфатического микрососуда. Однако было замечено, что продолжительность наркотического сна при использовании пептидов увеличивалась. Достоверное увеличение длительности наркоза отмечалось за пептидом №160 – аналог даларгина №3, агонист дельта и мю-опиатных рецепторов. Дальнейшее исследование проводили на мышах. Повторное ежедневное введение нембутала мышам сопровождалось снижением продолжительности сна в связи с развитием привыкания. Введение нембутала с пептидом №160 наоборот с каждым днем увеличивало продолжительность сна. Оптимальными дозами были минимальные дозы пептида и нембутала. Продолжительность сна в ответ на введение нембутала могла быть увеличена в 5-10 раз при предварительном введении пептида за сутки до введения нембутала. Повышенная чувствительность к нембуталу сохранялась при более раннем сроке введения пептида (за 3 дня). Доза 400 мкг/кг ускоряла пробуждение животных.

Заключение. Нембутал тормозит лимфоток через опиатные рецепторы лимфатических микрососудов, которые обладают опиоидергической регуляцией. Одновременно опиоидные пептиды потенцируют снотворное действие нембутала при совместном применении в небольших дозах или при предварительном введении пептида. Большие дозы пептида снижают продолжительность наркотического сна.

INFLUENCE OF NEMBUTAL ON MICROCIRCULATION IN LYMPHATIC MICROVESSELS OF THE RATS INTESTINAL AND CHANGE OF ITS NARCOTIC PROPERTIES UNDER OPERATION WITH THE OPIOUS LYMSTIMULATOR

Ardasenov A.V., Khugaeva V.K.

FSBI "NIIOPP", Moscow, RUSSIA

Nembutal inhibits the lymphatic flow through the opiate receptors of the lymphatic microvessels, which have opioidergic regulation. At the same time, opioid peptides potentiate the hypnotic effect of nembutal when used together in small doses or when the peptide is pre-administered. large doses of peptide reduce the duration of narcotic sleep

ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ ПРИ НАРАСТАНИИ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ**Блажко А.А., Шахматов И.И., Лисина С.В., Бондарчук Ю.А., Манаева И.Н.**

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный медицинский университет», Барнаул, Россия

Blazhko_1990@mail.ru

Целью данного исследования было определение влияния интенсивной физической нагрузки разной продолжительности на показатели микроциркуляторного русла у экспериментальных животных.

Методы. Физическая нагрузка моделировалась в виде навязанного бега крыс-самцов линии Вистар в тредмиле. По истечению часовой, 4-часовой и 8-часовой тренировки у экспериментальных животных определялись изменения со стороны системы микроциркуляции методом лазерной доплеровской флоуметрии с вейвлет-анализом (ЛАКК-02, НПО «Лазма», Россия) и сравнивались с показателями крыс до нагрузки.

Результаты. Было установлено, что часовая физическая нагрузка приводила к снижению показателя флакса на 10 % относительно контрольных животных за счет снижения амплитуды колебаний вазомоторных волн на 22 %. 4-часовая тренировка проявлялась дальнейшим снижением показателя флакса на 18 % за счет снижения амплитуды колебаний не только вазомоторных волн (на 25 %), но и эндотелиальных (на 21 %). Дальнейшее увеличение продолжительности нагрузки до 8-ми часов сопровождалось снижением модуляции кровотока на 28 % за счет также за счет снижения амплитуды колебаний вазомоторных (на 36 %) и эндотелиальных волн (на 32 %), также отмечалось повышение амплитуды колебаний дыхательных волн на 35 %.

Заключение. У экспериментальных животных при увеличении продолжительности нагрузки отмечается снижение модуляции кровотока последовательно за счет: повышения миогенной активности, снижения функции эндотелия синтезировать оксид азота, появления признаков застойных явлений.

CHANGES IN MICROCIRCULATION PARAMETERS WITH INCREASING DURATION OF PHYSICAL ACTIVITY IN THE EXPERIMENT**Blazhko A.A., Shakhmatov I.I., Lisina S.V., Bondarchuk Yu.A., Manaeva I.N.**

Altai State Medical University, Barnaul, Russia

Blazhko_1990@mail.ru

The aim of this study was to determine the effect of intense physical activity of varying duration on the parameters of the microcirculatory system in experimental animals.

Methods. Physical activity was modeled in the form of forced running of male Wistar rats in a treadmill. After an hour, 4-hour, and 8-hour training sessions, changes in the microcirculation system in experimental animals were determined using laser Doppler flowmetry with wavelet analysis (LACK-02, NPO Lazma, Russia) and compared with rat performance before exercise.

Results. It was found that one-hour physical activity led to a decrease in the phlax index by 10% relative to control animals due to a decrease in the amplitude of vasomotor waves by 22%. 4-hour training was manifested by a further decrease in the phlax index by 18% due to a decrease in the amplitude of vibrations not only of vasomotor waves (by 25%), but also of endothelial (by 21%). A further increase in the duration of exercise to 8 hours was accompanied by a decrease in blood flow modulation by 28% due to a decrease in the amplitude of vasomotor (by 36%) and endothelial waves (by 32%), and an increase in the amplitude of respiratory waves by 35%.

Conclusion. In experimental animals, with an increase in the duration of exercise, there is a decrease in blood flow modulation sequentially due to: increased myogenic activity, decreased endothelial function to synthesize nitric oxide, and the appearance of signs of stagnation.

МИКРОЦИРКУЛЯТОРНЫЕ НАРУШЕНИЯ В КОРЕ ГОЛОВНОГО МОЗГА КРЫС: ВЛИЯНИЕ ХРОНИЧЕСКОГО ВОСПАЛЕНИЯ**Горшкова О.П.**

ФГБУН «Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН», Санкт-Петербург, Россия

o_gorshkova@inbox.ru

Цель исследования - оценка изменения вклада механизмов регуляции микрокровоотока в формирование тканевой перфузии и обеспечение кислородом ткани коры головного мозга крыс в первые 3 месяца развития хронического воспаления (ХВ).

Методы. Исследование проведено на крысах самцах Wistar с использованием методов лазерной доплеровской флоуметрии и оптической тканевой оксиметрии в контроле (интактные крысы) и через 7 суток, 1, 2 и 3 месяца после начала развития ХВ инициированного воспалительным процессом в брюшной полости (лигирование и перфорация слепой кишки).

Результаты. Через 7 суток выявлено снижение вклада эндотелиальной составляющей в общий спектр микрокровоотока и повышение вклада нейрогенных колебаний в перфузию. В последующие 3 месяца отмечена дальнейшая активация нейрогенного компонента регуляции и повышение вклада миогенного компонента в перфузию указывающие на формирование спастического типа кровотока и ухудшение микроциркуляции на уровне капилляров. Это сопровождалось повышением индекса относительной перфузионной сатурации кислорода в микрокровоотоке. Максимальные нарушения регуляции микрокровоотока отмечены через 2 месяца. Начиная с 1 месяца ХВ выявлялось снижение уровня перфузии в коре в среднем на 15-20%.

Заключение. ХВ у крыс сопровождается нарушением микроциркуляции в коре головного мозга: уменьшением уровня тканевой перфузии и снижением кровотока по капиллярному участку, что приводит к ухудшению снабжения кислородом ткани коры.

MICROCIRCULATORY DISORDERS IN THE CEREBRAL CORTEX IN RATS: RESULT OF CHRONIC INFLAMMATION**Gorshkova O.P.***I.P. Pavlov Institute of Physiology, Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia*o_gorshkova@inbox.ru

The aim of the study was to evaluate the changes in the contribution of microcirculation regulation mechanisms to the formation of tissue perfusion and oxygen supply in rat cerebral cortex tissue during the first 3 months of the development of chronic inflammation (CI).

Methods. The study was conducted on male Wistar rats using laser Doppler flowmetry and optical tissue oximetry in the control (intact rats) and 7 days, 1, 2 and 3 months after the onset of CI initiated by the inflammatory process in the abdominal cavity (cecum ligation and perforation).

Results. After 7 days, a decrease in the contribution of the endothelial component to the overall spectrum of microcirculation and an increase in the contribution of neurogenic fluctuations to perfusion were revealed. In the next 3 months, further activation of the neurogenic component of regulation and an increase in the contribution of the myogenic component to perfusion were noted, indicating the formation of a spastic type of blood flow and deterioration of microcirculation at the capillary level. The perfusion oxygen saturation index was increase. The maximum violations were noted after 2 months. Starting from the 1st month of CI, a decrease in the level of perfusion in the cortex was detected by an average of 15-20%.

Conclusion. CI in rats leads to a violation of microcirculation in the cerebral cortex: a decrease in the level of tissue perfusion and a decrease in blood flow through the capillary region, which leads to a deterioration in the supply of oxygen to the cortical tissue.

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЭРИТРОЦИТОВ ЦЫПЛЯТ ПОД ДЕЙСТВИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ ЭНРОФЛОКСАЦИНА В УСЛОВИЯХ IN VITRO

Гребцова Е.А.,

ФГАОУ ВО НИУ «БелГУ», Белгород, Россия

grebtsova_e@mail.ru

Целью данного исследования было изучение влияния различных концентраций энрофлоксацина на морфометрические параметры эритроцитов цыплят в условиях *in vitro*.

Методы. Эритроциты цыплят кросса «Хайсекс Браун» инкубировали с энрофлоксацином в концентрациях: 0,1%, 100 мкл/л, 10 мкл/л, 1 мкл/л, 0,6 мкл/л (терапевтическая доза). Контрольные группы: клетки в аутологичной плазме и изотоническом растворе. Морфометрию проводили по мазкам, окрашенным по Романовскому-Гимзе, с расчетом объема (V), площади поверхности (S) и ядерно-цитоплазматического отношения (ЯЦО).

Результаты. Установлены дозозависимые изменения: концентрации 0,6 мкл/л и 1 мкл/л увеличивали объем эритроцитов на 11%, площадь поверхности — на 7%. При 10 мкл/л и 0,1% отмечен максимальный объем (увеличение на 20%) и площади (увеличение на 14%). Выявлен парадоксальный эффект: увеличение концентрации антибиотика выше определенного порога снижает его эффект. Зафиксировано снижение ЯЦО на 23% при 0,1% и 10 мкл/л за счет увеличения площади цитоплазмы.

Заключение. Энрофлоксацин вызывает дозозависимые изменения площади и объема эритроцитов цыплят, наиболее выраженные при концентрациях, превышающих терапевтическую. Результаты указывают на роль окислительного стресса и повреждения цитоскелета в механизме действия фторхинолонов.

DOSE-DEPENDENT EFFECT OF ENROFLOXACIN ON MORPHOMETRIC PARAMETERS OF CHICKEN ERYTHROCYTES IN VITRO

Grebtsova E.A.

Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

grebtsova_e@mail.ru

The aim of this study was to investigate the effect of different concentrations of enrofloxacin on morphometric parameters of chicken erythrocytes *in vitro*.

Methods. Erythrocytes from «Hisex Brown» chickens were incubated with enrofloxacin at concentrations: 0.1%, 100 $\mu\text{L/L}$, 10 $\mu\text{L/L}$, 1 $\mu\text{L/L}$, 0.6 $\mu\text{L/L}$ (therapeutic dose). Control groups: cells in autologous plasma and isotonic solution. Morphometry was performed using Romanowsky-Giemsa-stained smears with calculation of volume (V), surface area (S), and nuclear-cytoplasmic ratio (NCR). Statistical significance was assessed using the Mann-Whitney U-test.

Results. Dose-dependent changes were established: concentrations of 0.6 $\mu\text{L/L}$ and 1 $\mu\text{L/L}$ increased erythrocyte volume by 11% and surface area by 7%. At 10 $\mu\text{L/L}$ and 0.1%, the maximum increase in volume (>20%) and area (14%) was observed. A paradoxical effect was identified: increasing the antibiotic concentration beyond a certain threshold reduced its efficacy. A 23% decrease in nuclear-cytoplasmic ratio (NCR) was recorded at 0.1% and 10 $\mu\text{L/L}$ due to an increase in cytoplasmic area.

Conclusion. Enrofloxacin induces dose-dependent changes in the area and volume of chicken erythrocytes, most pronounced at concentrations exceeding therapeutic levels. The results suggest the role of oxidative stress and cytoskeleton damage in the mechanism of action of fluoroquinolones.

ОСОБЕННОСТИ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО РУСЛА КОНЬЮНКТИВЫ ГЛАЗНОГО ЯБЛОКА

Гурова О.А., Галейся Е.Н., Каховская Т.О.

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы», Москва, Россия, gurova_oa@pfur.ru

Цель исследования - изучение морфофункциональных особенностей микроциркуляторного русла в разных участках конъюнктивы глазного яблока (КГЯ).

Материал и методы. Методом биомикроскопии с помощью щелевых ламп различных модификаций исследовалось состояние микроциркуляторного русла КГЯ у детей и взрослых. На анатомических сосудистых препаратах изучались пути доставки и оттока крови в КГЯ.

Результаты. Глазное яблоко кровоснабжается глазной артерией, отходящей от внутренней сонной артерии. В области КГЯ имеются анастомозы между ветвями внутренней и наружной сонных артерий. Зона лимба и прилежащая к ней перилимбальная зона КГЯ кровоснабжаются ветвями внутренней сонной артерии, а к периферии от этих зон формируется сосудистая сеть, в которой участвуют ветви как внутренней, так и наружной сонных артерий. Строение микроциркуляторного русла КГЯ вблизи лимба и на периферии глазной щели различно. Поэтому при оценке показателей (таких как плотность функционирующих капилляров, скорость кровотока, наличие сладжей) следует указывать участок КГЯ, где проводились измерения. Балльная оценка показателей состояния микрососудов позволяет получить обобщенную картину.

Заключение. Микроциркуляторное русло КГЯ является удобным объектом для наблюдения за состоянием микроциркуляции крови в прижизненных условиях. Для повышения качества методики биомикроскопии сосудов КГЯ необходимо указывать участок наблюдения.

FEATURES OF THE MICROCIRCULATION BED OF THE EYEBALL CONJUNCTIVA

Gurova O.A., Galeysya E.N., Kakhovskaya T.O.

RUDN University, Moscow, Russia, gurova_oa@pfur.ru

The aim of the study is to study the morphofunctional features of the microcirculation bed in different areas of the eyeball conjunctiva (EC).

Material and methods. The state of the EC microcirculation bed in children and adults was studied using biomicroscopy with slit lamps of various modifications. The routes of blood supply and outflow in the EC were studied on anatomical vascular preparations.

Results. The eyeball is supplied with blood by the ophthalmic artery, which originates from the internal carotid artery. In the EC area, there are anastomoses between the branches of the internal and external carotid arteries. The limbal zone and the adjacent perilimbal zone of the EC are supplied with blood by branches of the internal carotid artery, and a vascular network is formed to the periphery of these zones, in which branches of both the internal and external carotid arteries participate. The structure of the microcirculatory bed near the limbus and on the periphery of the eye slit is different. Therefore, when assessing indicators (such as the density of functioning capillaries, blood flow velocity, the presence of sludge), it is necessary to indicate the area of the EC where the measurements were taken. A point assessment of the indicators of the state of microvessels allows us to obtain a generalized picture.

Conclusion. The microcirculatory bed of the EC is a convenient object for monitoring the state of blood microcirculation in vivo. To improve the quality of the technique of biomicroscopy of the EC vessels, it is necessary to indicate the observation area.

ВЛИЯНИЕ ИНЪЕКЦИОННОГО ВВЕДЕНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА НА КРОВОТОК И СОДЕРЖАНИЕ ВОССТАНОВЛЕННОГО НАДН ПРИ СТРЕПТОЗОТОЦИНИНДУЦИРОВАННОМ ДИАБЕТЕ**Журавский И.С., Халепо О.В.**ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России, Смоленск, Россия, zhuravskiy.iv@mail.ru

Цель. Анализ изменений кровотока и содержания восстановленного никотинамид-адениндинуклеотида (НАДН) при инъекционном введении CO₂ у крыс со стрептозототининдуцированным диабетом (СД).

Методы. У лабораторных крыс моделировали СД, после чего опытные животные получали инъекционно CO₂. Изучали гемодинамику в межпальцевой артерии и в области дистального отдела пальца методом высокочастотной ультразвуковой доплерографии, состояние микроциркуляции и содержание НАДН методом лазерной доплеровской флоуметрии и флуоресцентной спектроскопии.

Результаты. У крыс с СД нарастание линейной скорости кровотока в артерии и регионарном кровотоке сопровождалось увеличением показателя микроциркуляции при стабильном содержании НАДН. Выявлена отрицательная взаимосвязь между периферическим сосудистым сопротивлением в регионарном кровотоке и перфузией в микроциркуляции. У животных, получавших CO₂ показатели линейной скорости в межпальцевой артерии и системе регионарного кровотока были меньше, чем у крыс с СД. Линейная скорость кровотока в сосудах пальца отрицательно коррелировала с перфузией, содержанием НАДН.

Заключение. Расстройства гемодинамики, зарегистрированные двумя методами в сосудах различного калибра при СД, в целом однонаправленные, коррелируют с содержанием НАДН в тканях. При СД карбокситерапия оптимизирует микрогемодинамику, что приводит к стабилизации содержания биомаркеров тканевого метаболизма.

EFFECT OF CARBON DIOXIDE INJECTION ON BLOOD FLOW AND REDUCED NADH CONTENT IN STREPTOSOTOCIN-INDUCED DIABETES**Zhuravskiy I.S., Khalepo O.V.**Smolensk State Medical University, Smolensk, Russia, zhuravskiy.iv@mail.ru

The aim. Analysis of changes in blood flow and reduced nicotinamide adenine dinucleotide (NADH) content during CO₂ injection in rats with streptozotocin-induced diabetes (DM).

Methods. In laboratory rats, DM was modeled, after which the experimental animals received CO₂ injections. Hemodynamics in the interdigital artery and in the distal finger area were studied using high-frequency ultrasound Dopplerography, the state of microcirculation and the content of NADH were studied using laser Doppler flowmetry and fluorescence spectroscopy.

Results. In rats with DM, the increase in the blood flow velocity in the artery and regional blood flow was accompanied by an increase in the microcirculation index with a stable NADH content. A negative relationship was found between peripheral vascular resistance in the regional blood flow and microcirculation perfusion. In animals receiving CO₂ the linear velocity indices in the interdigital artery and the regional blood flow system were lower than in rats with DM. Blood flow velocity in the finger vessels negatively correlated with perfusion and NADH content..

Conclusion. Hemodynamic disorders recorded by two methods in vessels of different calibers in DM are generally unidirectional and correlate with the NADH content in tissues. In diabetes mellitus, carboxytherapy optimizes microhemodynamics, which leads to stabilization of the content of tissue metabolism biomarkers.

МЕТОД ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДОППЛЕРОГРАФИИ ДЛЯ НЕИНВАЗИВНОЙ ОЦЕНКИ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КРОВИ НА ПРИМЕРЕ ФИЗИЧЕСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ**Ковалёва А.А.¹, Петрищев Н.Н.², Скедина М.А.¹, Гришачева Т.Г.²**¹ГНИЦ РФ-ИМБП РАН, Москва, Россия²ПСПбГМУ им. И.П. Павлова, Санкт-Петербург, Россияinj.ann@rambler.ru

Цель: изучение в эксперименте реологических свойств крови методом высокочастотной ультразвуковой доплерографии (ВУЗД).

Методы: Разработан имитатор кровотока микроциркуляторного русла (МЦР) с использованием биофантома крови (гепаринизированная кровь крыс). В работе использованы 2 экспериментальные модели нарушения микроциркуляции: гемодилюция (Г) и эритроцитоз (Э) на крысах-самцах сток Вистар. Оценивали *in vitro*: гематокрит (Ht) и вязкость крови (η); *in vivo* – показатели кровотока в МЦР кожи крыс методом ВУЗД.

Результаты. С помощью метода ВУЗД на имитаторе кровотока удалось определить зависимость распределения клеток крови по диапазонам скоростей при разных реологических показателях крови. При исследованиях на крысах выявлены наиболее значимые характеристики кровотока в МЦР, которые варьируются в зависимости от измененной η крови в группах Г и Э, к ним относятся: средняя систолическая скорость V_{as} ($p < 0,01$), средняя скорость V_{am} ($p < 0,001$), средняя объемная скорость Q_{am} ($p < 0,001$), индекс сопротивления сосудов RI ($p < 0,01$), процентное содержание клеток крови, движущихся в диапазоне низкой скорости ($p = 0,03$).

Заключение. Таким образом, доказана возможность оценки некоторых реологических свойств крови методом ВУЗД.

THE METHOD OF HIGH-FREQUENCY ULTRASONIC DOPPLER GRAPHY FOR NON-INVASIVE EVALUATION OF RHEOLOGICAL PROPERTIES OF BLOOD USING PHYSICAL AND BIOLOGICAL MODELS**Kovaleva A.A.¹, Petrishchev N.N.², Skedina M.A.¹, Grishacheva T.G.²**¹SSC RF IBMP RAS, Moscow, Russia²Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, Saint Petersburg, Russiainj.ann@rambler.ru

The aim. The experimental study of the rheological properties of blood using high-frequency ultrasonic Doppler (HFUD).

Methods. The blood flow simulator developed using rats blood biophantom. The following rats models with altered blood rheology were studied: hemodilution and erythrocytosis. *In vitro* evaluation included: hematocrit, blood viscosity; *in vivo* - blood flow indices in rats skin using the HFUD method.

Results. Using the HFUD method, the most significant characteristics of blood flow in the microcirculatory system were identified, which characterize changes in the rheological properties of the blood.

Conclusion. The possibility of assessing some rheological properties of blood by the HFUD method has been proven.

ПАТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ РАССТРОЙСТВ КОНЪЮНКТИВАЛЬНОЙ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ ПРИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ**Козлов В.И.¹, Хейло Т.С.², Гурова О.А.¹, Каховская Т.О.¹, Лысенкова С.В.²**¹Российский университет дружбы народов им. П.Лумумбы,²ООО «Центр терапевтической офтальмологии», Москва, Россия

Целью исследования было определение сопутствующих нарушений конъюнктивальной микроциркуляции (КИ) у больных, ишемической болезнью сердца, гипертонической болезнью, артериальной и венозной хронической сосудистой недостаточности, при сахарном диабете хроническом, а также при постковидном синдроме, выполненные с помощью современной биомикроскопической техники

Результаты. Установлено, что в системе кровообращения микроциркуляторное русло является связующим звеном между артериальными и венозными сосудами; в силу этого состояние капиллярного кровотока зависит от большого числа факторов, действующих на тканевом уровне. Непосредственно патофизиологические механизмы нарушений микроциркуляции могут развиваться по типу: а) нарушения притока крови (как в результате его усиления при артериальной гиперемии, так и ослабления притока при артериальной ишемии); б) нарушения оттока, сопровождающегося, как правило, венозным застоем; в) первичной патологии капилляров. При различных типах гемодинамических расстройств в патофизиологический механизм вовлекаются нарушения проницаемости стенки микрососудов и гемореологические сдвиги, приводя к нарастающей гипоксии и ишемии тканей. Среди разных форм расстройств микроциркуляции различаются: гиперемическая, спастическая, спастико-атоническая, структурно-дегенеративная, застойная и стагическая. Каждая из этих форм микроциркуляторных расстройств характеризуется определенным соотношением структурно-функциональных и гемореологических изменений в микрососудах, а также нарушениями их барьерной функции. Выделены четыре степени расстройств микроциркуляции: I ст. - легкая, которая характеризуется компенсированными изменениями в системе микроциркуляции; II ст. - среднетяжелая, которая характеризуется субкомпенсированными структурными и гемореологическими сдвигами, а также снижением уровня микроциркуляции на 20 - 25%; III ст. - тяжелая; для нее характерны декомпенсированные изменения в системе микроциркуляции и ослабление тканевого кровотока на 25 - 40%; IV ст. - очень тяжелая; для нее характерно угнетение тканевого кровотока и ослабление микроциркуляции более чем на 40%.

PATHOGENETIC MECHANISMS OF CONJUNCTIVAL MICROCIRCULATION DISORDERS IN CARDIOVASCULAR DISEASES**Kozlov V.I.¹, Kheylo T.S.², Gurova O.A.¹, Kakhovskaya T.O.¹, Lysenkova S.V.²**

Peoples' Friendship University of Russia

LLC "Therapeutic Ophthalmology Center", Moscow, Russia

The aim of the study was to determine concomitant disorders of conjunctival microcirculation (CI) in patients with coronary artery disease, hypertension, arterial and venous chronic vascular insufficiency, chronic diabetes mellitus, and postcovid syndrome, performed using modern biomicroscopic techniques.

Results. It has been established that in the circulatory system, the microcirculatory bed is the link between arterial and venous vessels; therefore, the state of capillary blood flow depends on a large number of factors acting at the tissue level. The direct pathophysiological mechanisms of microcirculation disorders can develop according to the following types: a) blood flow disorders (both as a result of its increase in arterial hyperemia and weakening of the inflow in arterial ischemia); b) outflow disorders, accompanied, as a rule, by venous congestion; c) primary pathology of capillaries. In various types of hemodynamic disorders, microvascular wall permeability disorders and hemorheological shifts are involved in the pathophysiological mechanism, leading to increasing hypoxia and tissue ischemia. There are different forms of microcirculation disorders: hyperemic, spastic, spastic-atonic, structurally degenerative, stagnant and stasis. Each of these forms of microcirculatory disorders is characterized by a certain ratio of structural, functional and hemorheological changes in microvessels, as well as violations of their barrier function. Four degrees of microcirculation disorders are distinguished: Grade I - mild, which is characterized by compensated changes in the microcirculation system; Grade II - moderate, which is characterized by subcompensated structural and hemorheological shifts, as well as a decrease in microcirculation levels by 20-25%; Grade III - severe; it is characterized by decompensated changes in the microcirculation system and weakening of tissue blood flow by 25-40%; Grade IV is very severe; it is characterized by suppression of tissue blood flow and weakening of microcirculation by more than 40%.

ЛИМФАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МОЗГА**Лобов Г.И.**

ФГБУН Институт физиологии им. И.П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия

gilobov@infran.ru

Образование и движение лимфы поддерживают гомеостаз в различных органах и тканях. До недавнего времени наличие лимфатической системы в мозге отрицалось. В 2015 году была описана псевдолимфатическая система мозга, которая является аналогом лимфатической системы в ЦНС. Эта система была названа глимфатической, поскольку в ее образовании и функционировании принимают участие глиальные клетки, она играет ключевую роль в регуляции направленного движения интерстициальной жидкости (ИСЖ), выведении метаболитов и иммунитета мозга. Глимфатическая система обеспечивает перемещение цереброспинальной жидкости из периартериального пространства в интерстициальное пространство мозга, где она смешивается с ИСЖ. Затем эта смесь жидкостей выходит из паренхимы в перивенозные пространства, далее - в субарахноидальное пространство и в дальнейшем удаляется лимфатическими сосудами мозговых оболочек и выносится в экстракраниальные лимфатические сосуды и шейные лимфатические узлы. Глимфатическая система обеспечивает очистку паренхимы мозга от метаболитов, в т.ч. от β -амилоида и тау-белка. Исследования на животных и людях выявили нарушения глимфатической функции при болезнях Альцгеймера и Паркинсона. Улучшение глимфатического потока может стать важной терапевтической стратегией, направленной на профилактику и лечение этих заболеваний.

LYMPHATIC SYSTEM OF THE BRAIN**Lobov G.I.**

Pavlov Institute of Physiology, St. Petersburg, Russia

gilobov@infran.ru

The formation and movement of lymph maintain homeostasis in various organs and tissues. Until recently, the presence of the lymphatic system in the brain was denied. In 2015, the pseudolymphatic system of the brain was described, which is an analogue of the lymphatic system in the central nervous system. This system was called glymphatic, since glial cells participate in its formation and functioning, it plays a key role in regulating the directed movement of interstitial fluid (ISF), the removal of metabolites and brain immunity. The glymphatic system ensures the movement of cerebrospinal fluid from the periarterial space to the interstitial space of the brain, where it mixes with ISF. This fluid mixture then exits the parenchyma into the perivenous spaces, then into the subarachnoid space, and is subsequently removed by the lymphatic vessels of the meninges and carried out into the extracranial lymphatic vessels and cervical lymph nodes. The glymphatic system ensures the cleansing of the brain parenchyma from metabolites, including β -amyloid and tau protein. Animal and human studies have revealed disturbances in glymphatic function in Alzheimer's and Parkinson's diseases. Improving glymphatic flow may become an important therapeutic strategy aimed at preventing and treating these diseases.

ОБЛИТЕРИРУЮЩИЙ ТРОМБАНГИИТ, ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ**Масина И.В., Емануйлова Н.В., Замышляев А.А., Четвертакова Ж.Е.**

ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России, Россия

Цель изучение патогенеза и критериев диагностики облитерирующего тромбангиита. **Материалы и методы.** Обследовано 115 больных облитерирующим тромбангиитом, Использовалась ультразвуковая доплерография, биопсия кожно-мышечного лоскута, определение спектра антител, комплемента, криоглобулинов, антигена фактора фон Виллебранда и С-реактивного белка.

Результаты. Наиболее диагностически значимыми критериями облитерирующего тромбангиита, следует считать: возраст моложе 45 лет, мужской пол, курение, поражение дистальных отделов конечностей и результаты морфологического исследования. Типично вовлечение артерий мелкого и среднего калибра, а также тромбофлебит и флеботромбоз. Морфологическим субстратом являются деструктивно-продуктивные или продуктивные тромбоваскулиты средних и мелких артерий и вен. При этих артериитах чаще выявлялись тромбозы, а в стенке таких артерий иммунофлюоресцентным методом обнаруживались иммунные комплексы. Отмечено отсутствие при ОТА специфических диагностических тестов и позитивных серологических маркеров, характерных для определенных нозологических форм системных васкулитов.

Заключение: Заболевание требует мультидисциплинарного подхода в плане диагностики, изучения патогенеза и назначения патогенетической терапии с участием ревматологов и сосудистых хирургов.

OBLITERATING THROMBANGIITIS, PROBLEMS OF DIAGNOSTICS Masina I.V., Emanuilova N.V., Zamyshlyayev A.A., Chetvertakova Zh.E.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Medical University" of the Ministry of Health of Russia, Russia

The aim: to study the pathogenesis and diagnostic criteria of obliterating thromboangiitis. **Materials and methods.** 115 patients with obliterating thromboangiitis were examined, Ultrasound Dopplerography, biopsy of the skin-muscle flap, determination of the spectrum of antibodies, complement, cryoglobulins, von Willebrand factor antigen and C-reactive protein were used

Results. The most diagnostically significant criteria for obliterating thrombangitis are: age under 45, male gender, smoking, involvement of the distal extremities, and the results of morphological examination. Typically, involvement of small and medium-sized arteries, as well as thrombophlebitis and phlebothrombosis. The morphological substrate is destructive-productive or productive thrombovasculitis of medium and small arteries and veins. With these arteritis, thromboses were more often detected, and immune complexes were detected in the wall of such arteries using the immunofluorescence method. The absence of specific diagnostic tests and positive serological markers characteristic of certain nosological forms of systemic vasculitis was noted in OTA.

Conclusion: The disease requires a multidisciplinary approach in terms of diagnostics, pathogenesis study, and pathogenetic therapy with the participation of rheumatologists and vascular surgeons.

АНАЛИЗ КЛИНИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ РАСЧЕТНОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЯЗКОСТИ КРОВИ

Замышляев А.В.¹, Муравьев А.В.²

¹ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России, Ярославль, Россия

²ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского», Ярославль, Россия

Введение. Вязкость крови (ВК) является ее интегральным параметром и определяет текучесть, транспортный потенциал и формирует сосудистое сопротивление, как в норме, так и при патологии. Следовательно, может быть существенной частью патогенеза сердечно-сосудистых заболеваний. В тоже время оценивать ВК в клинической практике практически невозможно из-за отсутствия современной измерительной аппаратуры.

Целью данного исследования был сравнительный анализ данных ВК, полученных ее прямым измерением и расчетным способом, по формулам De Simone и оценить их клинические и прогностические возможности. **Методы.** Были обследованы 75 человек: 1 группа (n=50) здоровые лица, 2 группа (n=25) – больные с артериальной гипертензией (АГ). Проводили расчет ВК при высоких и низких скоростях сдвига по формулам, где используются показатели гематокрита (Hct) и концентрации белка плазмы. Параллельно измеряли ВК проводили на капиллярном вискозиметре при 5 напряжениях сдвига.

Результаты. Обнаружена существенная положительная корреляция между показателями рассчитанной и измеренной ВК ($r \sim 0,75$, $p < 0,01$). Следовательно, оба этих метода определения статистически достоверно выявляют повышение ВК у больных АГ.

Заключение. Результаты исследования ВК свидетельствуют о том, что ее расчетные показатели по формуле De Simone выявляют сходные по величине и направлению изменения у больных АГ с данными, полученными методом прямого ее измерения. Возможность определения белка плазмы и Hct есть в любой клинике. Это позволяет применить расчетный метод оценки ВК в клинической практике.

ANALYSIS OF THE CLINICAL APPLICATION OF THE CALCULATION METHOD FOR DETERMINING BLOOD VISCOSITY

Zamyshlyayev A.V., Muravyov A.V.

The aim of this study was to compare the measured and calculated blood viscosity (BV) using De Simone formulas and evaluate their clinical and prognostic capabilities. 75 people were examined: group 1 (n=50) healthy individuals, group 2 (n=25) patients with arterial hypertension (AH). BV was calculated at high and low shear rates using 2 regression formulas, where total protein and hematocrit (Hct) were used. A significant positive correlation was found between the measured and calculated BV. Both of these methods of determination statistically reliably determine the increase in blood viscosity in AH. The research results indicate that the calculated BV according to the De Simone formula reveal their changes in AH patients that are similar in magnitude and direction to the data obtained by the direct method. The ability to determine plasma protein and Hct is available in any clinic. This allows the use of the calculated method for assessing BV in clinical practice.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант №25-15-00172)

СНИЖЕНИЕ ТОЛЕРАНТНОСТИ К НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ У ПАЦИЕНТОВ С АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ

Четвертакова Ж.Е., Четвертаков Ю.В., Замышляев А.В.

ФГБОУ ВО ЯГМУ; Россия, 150000 Ярославль, ул.Революционная, 5

Введение: Низкая толерантность к неопределенным событиям в жизни приводит к повышению общей тревожности, страху перед неизвестным, трудности к принятию решений. Подобная особенность личности может способствовать развитию психосоматических заболеваний.

Цель: оценить уровень толерантности к неопределённым событиям у пациентов с артериальной гипертензией (АГ).

Материалы и методы: обследовано 61 пациентов с АГ: 35 мужчин, 26 женщина, возраст 41,6 [19;62] лет, артериальная гипертензия 1-2 степени, длительность АГ 2,8 [1;15] лет. Всем пациентам было проведено физикальное обследование, ультразвуковое дуплексное сканирование артерий головы и шеи, эхокардиоскопия, тестирование по шкале толерантности к неопределённости Маклейна MSTAT-I.

Результаты и обсуждение: в исследуемой группе пациентов низкая толерантность к неопределенным событиям жизни ассоциировалась с более высокими цифрами артериального давления ($R = -0,38$ при $p < 0,05$), а также с увеличением объема левого предсердия ($R = -0,31$ при $p < 0,05$). Данное исследование показало, что у пациентов с низкой толерантностью к неопределенности чаще диагностировались гемодинамически значимые деформации внутренних сонных артерий, как проявление гипертонической макроангиопатии ($R = -0,55$, при $p < 0,05$).

Выводы: снижение толерантности к неопределенным ситуациям жизни у пациентов с АГ сопряжен с более тяжелым течением артериальной гипертензии и поражением органов – мишеней.

Ключевые слова: толерантность к неопределенности, артериальная гипертензия, кардиоваскулярная патология

REDUCED TOLERANCE TO UNCERTAINTY IN PATIENTS WITH ARTERIAL HYPERTENSION

Chetvertakova Zh.E., Chetvertakov Yu.V., Zamyshlyayev A.V.

YaSMU; Russia, 150000 Yaroslavl, Revolyutsionnaya str., 5

Introduction: Low tolerance to uncertain events in life can contribute to the development of psychosomatic diseases.

Objective: to assess the level of tolerance to uncertain events in patients with arterial hypertension (AH).

Materials and methods: 61 patients with hypertension were examined: 35 men, 26 women, age 41.6 [19;62] years, AH stage 1-2, duration of hypertension 2.8 [1;15] years. All patients underwent physical examination, ultrasound duplex scanning of the arteries of the head and neck, echocardiography, testing according to the MacLean uncertainty tolerance scale MSTAT-I.

Results and discussion: in the study group of patients, low tolerance to uncertain life events was associated with higher blood pressure ($R = -0.38$ at $p < 0.05$), as well as with an increase in the volume of the left atrium ($R = -0.31$ at $p < 0.05$). Patients with low tolerance to uncertainty were more often diagnosed with hemodynamically significant deformations of the internal carotid arteries ($R = -0.55$, at $p < 0.05$).

Conclusions: A decrease in tolerance to uncertain situations in life in patients with hypertension is associated with a more severe course of arterial hypertension and damage to target organs.

Key words: tolerance to uncertainty, arterial hypertension, cardiovascular pathology

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ АНАЛИЗ МИКРОРЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭРИТРОЦИТОВ В ПОТОКЕ *IN VITRO* С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТЕЙ**Ладынин А.И.¹, Луговцов А.Е.¹, Приезжев А.В.¹, Муравьев А.В.²**¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия²ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского», Ярославль, Россия

Целью мастер-класса является демонстрация нейросетевого подхода для высокопроизводительного анализа распределения эритроцитов (Э) по деформируемости и кинетики их агрегации/деагрегации в потоке в искусственном микроканале.

Методы. Используется оптическая микроскопия в проточной камере с потоком клеток через микроканал высотой 8 мкм для исследования двумерной агрегации и 80 мкм - для деформируемости. Изображения обрабатываются с помощью нейросети Cellpose-SAM, дообученной для сегментации деформированных эритроцитов и их агрегатов на микроскопных изображениях.

Результаты. Показано, что разработанный подход эффективно сегментирует Э, выявляя особенности в их распределении по деформируемости. Демонстрируется способность метода выявлять малые фракции слабо деформирующихся Э, фиксированных глутаровым альдегидом. Также подход позволяет определять кинетику агрегации/деагрегации и распределение агрегатов Э по их размеру в различных средах (плазма, декстран) и после фиксации.

Заключение. Нейросетевой подход обеспечивает высокопроизводительный анализ деформируемости и агрегации Э и перспективен для диагностики патологических изменений Э, мониторинга терапии и персонализированной медицины.

Благодарности. Работа была выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 25-15-00172.

AUTOMATED ANALYSIS OF RED BLOOD CELL MICRORHEOLOGICAL PROPERTIES IN FLOW *IN VITRO* USING NEURAL NETWORKS**Ladynin A.I.¹, Lugovtsov A.E.¹, Priezzhev A.V.¹, Muravyov A.V.²**¹M. V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia²Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky, Yaroslavl, Russialadynin.ai19@physics.msu.ru

The aim of this master class was to demonstrate a neural network approach for high-throughput analysis of red blood cell (RBC) deformability distribution and their aggregation/disaggregation kinetics in flow within an artificial microchannel.

Methods. Optical microscopy in a flow chamber is employed, with cells flowing through microchannels. An 8 μm high microchannel is used for 2D aggregation studies, and an 80 μm high one for deformability. Images are processed using the Cellpose-SAM neural network, which has been fine-tuned for segmenting deformed RBCs and their aggregates in microscopic images.

Results. The developed approach is shown to effectively segment RBCs, revealing characteristics in their deformability distribution. The method's ability to identify small fractions of poorly deformable, glutaraldehyde-fixed red blood cells is demonstrated. Furthermore, the approach allows for the determination of aggregation/disaggregation kinetics and the size distribution of RBC aggregates in various media (plasma, dextran) and after fixation.

Conclusion. The neural network approach enables high-throughput analysis of RBC deformability and aggregation, and holds promise for the diagnosis of pathological red blood cell changes, therapy monitoring, and personalized medicine.

ДИНАМИКА МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ АРТЕРИАЛЬНОГО РУСЛА У МУЖЧИН С ВЫСОКИМ НОРМАЛЬНЫМ АРТЕРИАЛЬНЫМ ДАВЛЕНИЕМ/АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ И ХРОНИЧЕСКИМ ГАСТРИТОМ НА ФОНЕ ТЕРАПИИ РЕБАМИПИДОМ

А.И. Королев¹, А.А. Федорович^{1, 2}, А.Ю. Горшков¹, М.Г. Чашин¹, А.В. Стрелкова¹, О.М. Драпкина¹

¹ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины» Минздрава России, Москва, Россия;

²ФГБУ ГНЦ РФ «Институт медико-биологических проблем» РАН, Москва, Россия

dr.korolev.andrei@gmail.com

Цель: изучить влияние ребамипида (300 мг/сут 2 курса по 8 недель) на состояние микроциркуляции кожи у мужчин с высоким нормальным артериальным давлением (АД)/артериальной гипертензией (АГ) и хроническим гастритом. **Материалы и методы:** 102 мужчинам (42 [35; 47] лет) выполнено: видеокапилляроскопия, лазерная доплеровская флоуметрия в коже предплечья, фотоплетизмография (ФПГ), СМАД. Сформировано 2 группы: группа ингибиторов протонной помпы (n=51) и группа ребамипида (РГ) (n=51). **Результаты:** после курса терапии в группе РГ отмечалось достоверное (p<0,05) увеличение размера перикапиллярной зоны на 9,7%, уменьшение структурной плотности капиллярной сети на 11,8%, увеличение уровня тканевой перфузии на 12,33% и нутритивной направленности микрокровотока на 49,15%, уменьшение перфузионной эффективности кардиального механизма на 18,41%, степени прироста тканевого кровотока при пробе с артериальной окклюзией на 9,54% и офисного диастолического АД (ДАД) на 6,1% – с 82 [80; 84] мм рт.ст. до 77 [72; 85] мм рт.ст. По данным ФПГ достоверных изменений не выявлено. **Заключение:** ребамипид способствует уменьшению уровня ДАД и повышению метаболического обеспечения тканей за счет интенсификации нутритивного микрокровотока у мужчин с высоким нормальным АД/АГ и хроническим гастритом.

DYNAMICS OF THE MORPHOFUNCTIONAL STATE OF THE ARTERIAL BED IN MEN WITH HIGH NORMAL BLOOD PRESSURE/ARTERIAL HYPERTENSION AND CHRONIC GASTRITIS DURING REBAMIPIDE THERAPY

Korolev A.I., Fedorovich A.A., Gorshkov A.Yu., Chashchin M.G., Strelkova A.V., Drapkina O.M.

Objective: to study the effect of rebamipide (300 mg/day, 2 courses of 8 weeks) on cutaneous microcirculation in men with high normal blood pressure (BP)/arterial hypertension (AH) and chronic gastritis. **Material and methods:** 102 men (42 [35; 47] yrs) underwent videocapillaroscopy, laser Doppler flowmetry in the forearm, photoplethysmography (PPG), 24-hour ABPM. Two groups were formed: a proton pump inhibitor group (n=51) and a rebamipide (RG) group (n=51). A repeat examination was performed after the course of therapy. **Results:** in the RG group, there was a significant (p<0.05) increase in the size of the pericapillary zone by 9.7%, a decrease in the structural density of the capillary network by 11.8%, an increase in the level of tissue perfusion by 12.33% and the nutritional direction of microcirculation by 49.15%, a decrease in the perfusion efficiency of the cardiac mechanism by 18.41%, a decrease in the degree of tissue blood flow increase after the arterial occlusion by 9.54% and office diastolic BP (DBP) by 6.1% - from 82 [80; 84] mmHg to 77 [72; 85] mmHg. According to the PPG no significant changes were found. **Conclusion:** rebamipide decreases DBP and increases in the metabolic supply of tissues due to the intensification of nutritional microcirculation in men with high normal BP/AH and chronic gastritis.

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ДЕФОРМИРУЕМОСТЬЮ ЭРИТРОЦИТОВ И ИХ СРОДСТВОМ К КИСЛОРОДУ В УСЛОВИЯХ ГИПО- И ГИПЕРОКСИИ**Акулич Н.В.¹, Сорока А.В.¹, Зинчук В.В.²**¹ Республиканский научно-практический центр спорта, Минск, Республика Беларусь² Учреждение образования «Гродненский государственный медицинский университет», г. Гродно, Республика Беларусьakulichn@gmail.com

Цель: определение взаимосвязи между деформируемостью эритроцитов и их сродством к кислороду в условиях гипо- и гипероксии.

Методы. В условиях гипо- и гипероксии, создаваемых *in vitro* проводили оценку деформируемости эритроцитов человека и их сродства к кислороду. В эксперименте использовалась проточная цитофлуориметрия и оптическая спектроскопия.

Результаты. Установлено, что в условиях нормоксии клетки с высокой деформируемостью имели меньшую долю фракции HbO₂. В условиях гипоксии «ригидные» клетки характеризовались большим снижением доли оксигемоглобина эритроцитов. При гипероксии фракция гемоглобина выросла в обоих типах клеток, различающихся по деформируемости, но больший прирост отмечен в клетках с высокой способностью к деформации.

Заключение. Деформируемость эритроцитов в условиях гипо- и гипероксии прямо пропорционально влияет на сродство гемоглобина к кислороду. В условиях нормоксии зависимость обратно пропорциональная, и эритроциты с высокой способностью к деформации при гипероксии имели большую долю HbO₂.

RELATIONSHIP BETWEEN ERYTHROCYTE DEFORMABILITY AND OXYGEN AFFINITY UNDER CONDITIONS OF HYPO- AND HYPEROXIA**Akulich N.V.¹, Soroka A.V.¹, Zinchuk V.V.²**¹ Public institution «Republican Scientific and Practical Center of Sports». Minsk, Belarus² Grodno State Medical University, Grodno, Belarusakulichn@gmail.com

Purpose: To determine the relationship between erythrocyte deformability and oxygen affinity under hypoxic and hyperoxic conditions.

Methods: Deformability and oxygen affinity of human erythrocytes were evaluated under hypoxic and hyperoxic conditions created *in vitro*. Flow cytofluorimetry and optical spectroscopy were employed for this experiment.

Results: It was found that, under normoxic conditions, cells with high deformability had a smaller HbO₂ fraction. Under hypoxic conditions, 'rigid' cells exhibited a greater decrease in erythrocyte oxyhaemoglobin. Under hyperoxia, the haemoglobin fraction increased in both cell types, but a greater increase was observed in cells with high deformability.

Conclusion: Erythrocyte deformability under hypoxic and hyperoxic conditions directly affects haemoglobin's affinity for oxygen. Under normoxic conditions, however, the dependence is reversed: erythrocytes with high deformability had a greater proportion of HbO₂ under hyperoxic conditions.

МИКРОСОСУДИСТЫЕ ОТВЕТЫ НА ОККЛЮЗИОННУЮ ПРОБУ У ЖЕНЩИН С РАЗНЫМ УРОВНЕМ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ**Артеменко Ю.Ю.**

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

uliaartemenko@mail.ru

Цель: изучение особенностей микрососудистых реакций на окклюзионную пробу у женщин с разным уровнем физической работоспособности. **Методы.** В исследовании приняли участие женщины-добровольцы в возрасте 19-24 года. Первую группу составили женщины, регулярно занимающиеся фитнесом не менее 1 года ($n=14$). В группу 2 вошли нетренированные женщины ($n=14$). Работоспособность определяли с использованием велоэргометрического теста PWC_{170} . Параметры МЦ оценивали методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) на портативном анализаторе «ЛАЗМА ПФ». Окклюзионная проба включала запись ЛДФ-граммы в течение 9 минут: 3 мин. – покой, 3 мин. – окклюзия, 3 мин. – восстановление. **Результаты.** Индекс PWC_{170} в группе 1 был выше на 18%, чем в группе 2 ($p<0,01$). Величина перфузии в покое была меньше в группе 1 на 40% ($p<0,05$), в период окклюзии значение перфузии в группах были близки по своим значениям, а в максимальный показатель, достигнутый в процессе развития постокклюзионной гиперемии, был меньше на 46% ($p<0,05$), чем в группе 2. Резерв капиллярного кровотока в группах статистически значимо не различался. **Заключение.** У женщин, занимающихся фитнесом и имеющих более высокий уровень физической работоспособности, исходные и максимально достигнутые при проведении окклюзионной пробы показатели перфузии были меньше, чем в группе менее тренированных лиц.

MICROVASCULAR RESPONSES TO OCCLUSION TESTING IN WOMEN WITH DIFFERENT LEVELS OF PHYSICAL PERFORMANCE**Artemenko Yu.Yu.**

Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky, Yaroslavl, Russia

uliaartemenko@mail.ru

The aim: to study the features of microvascular reactions to an occlusion test in women with different levels of physical performance. **Methods.** The study involved female volunteers aged 19-24 years. The first group consisted of women who regularly engaged in fitness for at least 1 year ($n=14$). Group 2 included untrained women ($n=14$). Performance was determined using the PWC_{170} bicycle ergometric test. The MC parameters were evaluated using laser Doppler flowmetry (LDF) on a portable LASMA PF analyzer. The occlusion test included recording an LDF gram for 9 minutes: 3 min. – rest, 3 min. – occlusion, 3 min. – recovery. **Results.** The PWC_{170} index in group 1 was 18% higher than in group 2 ($p<0.01$). The amount of perfusion at rest was 40% lower in group 1 ($p<0.05$), during the period of occlusion, the perfusion values in the groups were close in their values, and in the maximum index achieved during the development of postocclusive hyperemia was 46% lower ($p<0.05$) than in group 2. The reserve of capillary blood flow in the groups did not significantly differ. **Conclusion.** In women who were engaged in fitness and had a higher level of physical performance, the initial and maximum perfusion values achieved during the occlusion test were lower than in the group of less trained individuals.

ОЦЕНКА ДЕФОРМИРУЕМОСТИ ЭРИТРОЦИТОВ У ДЕТЕЙ С БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМОЙ

Асеева Е.В.¹, Геппе Н.А.¹, Бережанский П.В.¹, Ермолинский П.Б.², Луговцов А.Е.², Приезжаев А.В.²

¹ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет); 119435, г. Москва, ул. Большая Пироговская, д. 2, стр. 4.

Физический факультет, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова; 119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, МГУ имени М.В. Ломоносова, дом 1, строение 2, физический факультет. liza.romantseva@yandex.ru

Целью данного исследования является оценка обратимой агрегацией эритроцитов и их способности к деформации у детей от 6 до 18 лет с тяжелой и среднетяжелой бронхиальной астмой (БА), получающих различную лекарственную терапию.

Методы. Оценка агрегационных и деформационных свойств измерялась с помощью лазерного агрегометра-деформометра эритроцитов RheoScan. Исследовались две группы пациентов с БА, получающие только базисную терапию и дополнительно к базисной генно-инженерную биологическую терапию (ГИБП).

Результаты. Было установлено, что агрегация тромбоцитов увеличена для пациентов с БА, которые дополнительно к базисной терапии получали ГИБП ($p < 0,05$). У пациентов, получающих ГИБП значения агрегации тромбоцитов не отличались от референсных. Деформируемость эритроцитов в группе детей на ГИБП была статистически значимо выше по сравнению с значениями у пациентов, получающих только базисную терапию.

Заключение. Поиск стратегий для лечения БА, учитывающих особенности микроциркуляции и гемореологии, остается актуальным направлением исследований.

ASSESSMENT OF ERYTHROCYTE DEFORMABILITY IN CHILDREN WITH BRONCHIAL ASTHMA

Aseeva E.V.¹, Geppe N.A.¹, Berezhansky P.V.¹, Ermoolinsky P.B.², Lugovtsov A.E.², Priezaev A.V.²

¹Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "First Moscow State Medical University named after

I.M. Sechenov" of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University); 119435, Moscow, Bolshaya Pirogovskaya St., 2, building 4.

Faculty of Physics, Lomonosov Moscow State University; 119991, GSP-1, Moscow, Leninskie Gory, Lomonosov Moscow State University, house 1, building 2, faculty of physics.

liza.romantseva@yandex.ru

The aim of this study is to evaluate the reversible aggregation of erythrocytes and their ability to deform in children aged with severe bronchial asthma (BA) receiving various drug therapies.

Methods. Aggregation and deformation properties were measured using the RheoScan laser aggregometer-deformometer of erythrocytes. Two groups of patients with BA were studied: those receiving only basic therapy and, in addition to basic therapy, genetically engineered biological therapy (GEBT).

Results. It was found that platelet aggregation was increased in patients with BA who, in addition to basic therapy, received GEBT ($p < 0.05$). In patients receiving GEBT, platelet aggregation values did not differ from the reference values. Erythrocyte deformability in the group of children on GEBT was statistically significantly higher compared to the values in patients receiving only basic therapy.

Conclusion. The development of complex approaches to the treatment of BA, taking into account the properties of microcirculation and hemorheology, remains relevant.

**ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КОЖИ КРЫС НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ДИСФУНКЦИИ ПОЧЕК****Береснева О.Н.**

ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова», Санкт-Петербург, Россия

beresnevaolga@list.ru

Цель работы - оценить функциональное состояние сосудов микроциркуляторного русла кожи у крыс Wistar на разных стадиях развития дисфункции почек.

Методы. Исследованы крысы, подвергнутые резекции $\frac{3}{4}$ или $\frac{5}{6}$ массы почечной паренхимы. Контролем служили ложнооперированные (ЛО) животные. Срок эксперимента составил 2 и 4 месяца после нефрэктомии (НЭ). Оценивали параметры микроциркуляции (МЦР) в коже методом лазерной доплеровской флоуметрии до и после ионофореза ацетилхолина (АХ) и нитропрусида натрия (НП). На основании оценки спектральных характеристик флуктуаций показателя МЦР, полученных с помощью Вейвлет-анализа, рассчитывали величину эндотелиального, нейрогенного и миогенного тонуса.

Результаты. Разницы по исходному показателю перфузии (М) между группами не выявлено ($p > 0,05$). При прогрессировании дисфункции почек эндотелиальный (3/4, 2 мес - $75,07 \pm 4,3$; 5/6, 4 мес - $109,13 \pm 5,31$; ЛО - $71,08 \pm 4,6$), нейрогенный ($66,51 \pm 4,1$; $82,12 \pm 6,1$; $55,81 \pm 4,7$; соответственно) и миогенный ($64,23 \pm 4,2$; $76,84 \pm 4,6$; $58,16 \pm 4,4$ соответственно) тонус возрастали, а реакции на АХ и НП снижались.

Заключение. Развитие дисфункции почек приводит к повышению тонических влияний на сосуды. НЭ сопровождается снижением реактивности микрососудов кожи на вазодилататорные агенты. Данные изменения наиболее выражены на поздних стадиях патологии почек.

**CHANGES IN SKIN MICROCIRCULATION IN RATS AT DIFFERENT STAGES OF
EXPERIMENTAL KIDNEY DYSFUNCTION****Beresneva O.N.**

First Pavlov St.-Petersburg State Medical University, Saint Petersburg, Russia

beresnevaolga@list.ru

The aim of the work is to evaluate the functional state of the vessels of the microcirculatory bed of the skin in Wistar rats at different stages of kidney dysfunction development.

Methods. The study involved rats subjected to resection of $\frac{3}{4}$ or $\frac{5}{6}$ of the renal parenchyma mass. Sham-operated (SO) animals served as controls. The experimental period was 2 and 4 months after nephrectomy (NE). Microcirculation (MCR) parameters in the skin were assessed using laser Doppler flowmetry before and after iontophoresis of acetylcholine (ACh) and sodium nitroprusside (NP). Based on the assessment of the spectral characteristics of the fluctuations of the MCR index obtained using wavelet analysis, the magnitude of endothelial, neurogenic and myogenic tone was calculated.

Results. No differences in baseline skin perfusion (M) were found between the groups ($p > 0.05$). With the progression of renal dysfunction endothelial (3/4, 2 months - 75.07 ± 4.3 ; 5/6, 4 months - 109.13 ± 5.31 ; LO - 71.08 ± 4.6), neurogenic (66.51 ± 4.1 ; 82.12 ± 6.1 ; 55.81 ± 4.7 ; respectively) and myogenic (64.23 ± 4.2 ; 76.84 ± 4.6 ; 58.16 ± 4.4 , respectively) tone increased, and reactions to ACh and NP decreased.

Conclusion. The development of renal dysfunction leads to an increase in tonic effects on vessels. NE is accompanied by a decrease in the reactivity of skin microvessels to vasodilator agents. These changes are most pronounced in the late stages of renal pathology.

ВЛИЯНИЕ СЕРОВОДОРОДА НА ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОРЕОЛОГИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ ЭРИТРОЦИТОВ В НОРМЕ И ПРИ ПАТОЛОГИИ: ВЕРОЯТНЫЕ СИГНАЛЬНЫЕ ПУТИ**Волкова Е.Л.**

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

kaprovchuk@rambler.ru

Целью данного исследования было изучение влияния донора сероводорода (H_2S) на деформируемость (ДЭ) и агрегацию эритроцитов (АЭ) в нормальных и патологических условиях и выяснение сигнальных механизмов его действия.

Методы исследования. Изучение микрореологических изменений эритроцитов под влиянием донора H_2S и других соединений производилось в опытах *in vitro* с эритроцитами здоровых лиц и пациентов с артериальной гипертензией (АГ) и избыточной массой тела (ИЗБМТ). До и после инкубации эритроцитов с соединениями регистрировали ДЭ и АЭ.

Результаты. Донор сероводорода (NaHS) во всех трех группах достоверно увеличивал ДЭ в пределах 6-9% ($p < 0,01$). Сочетанное действие доноров H_2S и NO (НПН) выявляло достоверно больший прирост ДЭ (10-11%). АЭ под действием H_2S выраженно снижалась на 24-40% ($p < 0,05$). При действии (NaHS+НПН) снижение АЭ составило 30-51% ($p < 0,05$) в трех разных группах. Метиленовый синий и L-NAME достоверно снижали ДЭ на 2-3%. Показатели АЭ не были статистически достоверными. Действие клотримазола вызывало снижение ДЭ на 2% ($p < 0,05$).

Заключение. При действии H_2S на эритроциты всех трёх экспериментальных групп повышение ДЭ и снижение АЭ происходило на схожие величины, с учетом того, что эти показатели первоначально были негативно изменены у лиц с патологией. Вероятно, при этом в эритроцитах реализуются ГЦ-сGMPсигнальный путь и участвуют кальцийзависимые калиевые каналы (Гардош каналы).

EFFECT OF HYDROGEN SULFIDE ON CHANGES IN THE MICRORHEOLOGICAL BEHAVIOR OF ERYTHROCYTES IN NORMAL AND PATHOLOGICAL CONDITIONS: PROBABLE SIGNALING PATHWAYS**Volkova E.L.**

Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky, Yaroslavl, Russia

kaprovchuk@rambler.ru

The aim of this study was to investigate the effect of hydrogen sulfide (H_2S) donor on red blood cell deformability (DE) and aggregation (AE) under normal and pathological conditions and to elucidate the signaling mechanisms of its action.

Methods. The study of the microrheological changes in erythrocytes under the influence of the H_2S donor and other compounds was carried out *in vitro* experiments with erythrocytes of healthy individuals and patients with arterial hypertension (AH) and excess body weight (OBE). Before and after incubation of erythrocytes with the compounds, DE and AE were recorded.

Results. Hydrogen sulfide donor (NaHS) significantly increased DE in all three groups by 6-9% ($p < 0.01$). Combined action of H_2S and NO donors (SNP) revealed significantly greater increase in DE (10-11%). AE under the action of H_2S significantly decreased by 24-40% ($p < 0.05$).

Conclusion. When H_2S acted on erythrocytes of all three groups, the increase in DE and the decrease in AE occurred by similar values, taking into account that these indicators were initially negatively changed in individuals with pathology. Probably, in this case, the GC-cGMP signaling pathway is realized in erythrocytes and calcium-dependent potassium channels (Gardos channels) are involved.

СВЯЗЬ ВЯЗКОСТИ И МИКРОРЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КРОВИ ПРИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ**Гершман М.К., Максимов М.К.**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», Москва, Россия

mgersh22@gmail.com

Целью данного исследования заключалась в исследовании взаимосвязи между вязкостью крови и микрореологическими параметрами, такими как гематокрит и индекс агрегации, при сердечно-сосудистых заболеваниях.

Методы. Была изучена база данных лаборатории Биомедицинской фотоники, содержащая параметры пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями, а также были построены графики, иллюстрирующие соответствующие зависимости для 113 пациентов.

Результаты. В ходе исследования были выявлены значимые корреляции между вязкостью крови и гематокритом, а также индексом агрегации эритроцитов. Эти зависимости можно объяснить тем, что увеличение числа эритроцитов в кровотоке приводит к повышению вязкости, в то время как усиление способности эритроцитов к образованию обратимых межклеточных связей также оказывает прямое влияние на вязкость кровяной среды.

Заключение. В результате проведенного исследования выявлена статистически значимая положительная корреляция между вязкостью крови и уровнем гематокрита, обусловленная увеличением количества эритроцитов в общем объеме крови, что приводит к повышению её вязкости. Также установлена положительная корреляция между вязкостью крови и индексом агрегации эритроцитов, что указывает на прямую зависимость: чем выше склонность эритроцитов к образованию обратимых связей, тем большие значения принимает вязкость крови.

THE RELATIONSHIP BETWEEN BLOOD VISCOSITY AND MICRORHEOLOGICAL PARAMETERS IN CARDIOVASCULAR DISEASES**Gershman M.K., Maximov M.K.**

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

mgersh22@gmail.com

The aim of this study was to investigate the relationship between blood viscosity and microrheological parameters, such as hematocrit and aggregation index, in cardiovascular diseases.

Methods. The database of the Biomedical Photonics Laboratory containing parameters of patients with cardiovascular diseases was analyzed. Graphs illustrating the corresponding dependencies were constructed for 113 patients.

Results. The study revealed significant correlations between blood viscosity and hematocrit, as well as erythrocyte aggregation index. These dependencies can be explained by the fact that an increase in the number of erythrocytes in the bloodstream leads to an increase in viscosity, while an enhancement of erythrocytes' ability to form reversible intercellular bonds also has a direct impact on the viscosity of the blood medium.

Conclusion. The study revealed a statistically significant positive correlation between blood viscosity and hematocrit level, caused by an increase in the number of erythrocytes in the total blood volume, which leads to an increase in its viscosity. A positive correlation was also established between blood viscosity and erythrocyte aggregation index, indicating a direct relationship: the higher the tendency of erythrocytes to form reversible bonds, the higher the blood viscosity values.

ИЗМЕНЕНИЯ ФОРМЫ ПУЛЬСОВОЙ ВОЛНЫ НА ФОНЕ ЛОКАЛЬНОЙ ТЕПЛОВОЙ ПРОБЫ У ПАЦИЕНТОВ С САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ

Глазков А.А.¹, Лапитан Д.Г.¹, Ксин С.², Красулина К.А.¹, Ковалёва Ю.А.¹,
Рогаткин Д.А.¹

¹ ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского», Москва, Россия

² Китайский университет науки и техники, Сучжоу, Китай

aaqlazkov@bk.ru

Цель исследования заключалась в изучении диагностической информативности различных характеристик формы пульсовой волны, зарегистрированной с помощью фотоплетизмографии (ФПГ), при локальном тепловом тесте у пациентов с сахарным диабетом 2 типа (СД2).

Методы. В исследование включено 45 обследуемых: 15 здоровых добровольцев, 14 пациентов с СД2 и диабетической ретинопатией, 16 пациентов с СД2 и синдромом диабетической стопы. Сигналы ФПГ регистрировали на подушечке больших пальцев стоп до и во время локального нагрева кожи от 32°C до 42°C. Анализ сигналов включал мультигауссовую декомпозицию, расчёт производных сигнала и различных временных интервалов пульсовой волны.

Результаты. Во всех трёх группах было выявлено значимое изменение формы пульсовой волны на фоне нагрева. Отмечалось значимо более выраженное усиление дикротической выемки у здоровых обследуемых в сравнении с пациентами с СД2. Изменения остальных показателей у пациентов с СД2 также были менее выражены, чем у здоровых добровольцев, особенно у больных с синдромом диабетической стопы.

Заключение. Локальный тепловой тест позволяет выявлять функциональные изменения пульсовой волны, ассоциированные с микрососудистыми нарушениями при СД2. Мы полагаем, что применение локального нагрева может повысить информативность ФПГ в скрининге и мониторинге сосудистых осложнений у пациентов с сахарным диабетом.

PULSE WAVEFORM CHANGES DURING LOCAL THERMAL HYPEREMIA IN PATIENTS WITH DIABETES MELLITUS

Glazkov A.A.¹, Lapitan D.G.¹, Xin X.², Krasulina K.A.¹, Kovaleva Y.A.¹, Rogatkin D.A.¹

¹ Moscow Regional Research and Clinical Institute ("MONIKI")

² University of Science and Technology of China, Suzhou, China

aaqlazkov@bk.ru

The study examined how the pulse waveform, recorded using photoplethysmography (PPG), changes during a local heating test in individuals with diabetes. Participants were recruited into three groups: healthy volunteers (n = 15), patients with type 2 diabetes and diabetic retinopathy (n = 14), and patients with type 2 diabetes complicated by diabetic foot syndrome (n = 16). PPG signals were recorded from both big toes while the skin temperature gradually increased from 32 °C to 42 °C. Significant differences in the PPG waveform response to heating were observed among all the three groups. A key finding was the increased prominence of the dicrotic notch during heating, which was most noticeable in the healthy group, less marked in those with retinopathy, and nearly absent in patients with diabetic foot syndrome. These results suggest that analyzing PPG waveform dynamics during thermal stimulation could serve as a useful method for evaluating microvascular impairment in diabetes.

ЗАВИСИМОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ И ТИРЕОИДНОГО СТАТУСА НА ФОНЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ РАЗНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ**Голубева А.Г.**

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Саратов, Россия
anna17.09@mail.ru

Целью данного исследования было изучение физиологической роли йодированных гормонов щитовидной железы в механизмах адаптации микроциркуляции к различным режимам физической нагрузки.

Методы. Теоретический обзор и анализ научной литературы.

Результаты. Микроциркуляторное русло играет ключевую роль в обеспечении трофики тканей, в этой связи его функциональные резервы критически важны при адаптации к изменению режима двигательной активности. Адаптационные реакции микроциркуляции к изменяющимся условиям окружающей среды контролируются сложным комплексом нервных и гуморальных регуляторных механизмов.

Анализ научной литературы выявил, что гипоталамо-гипофизарно-тиреоидная эндокринная ось может оказывать как стресс-реализующий, так и стресс-лимитирующий эффект.

Заключение. Разнонаправленные данные об изменении концентрации йодированных гормонов при стрессе, обуславливают актуальность дальнейших исследований, направленных на уточнение роли щитовидной железы в адаптации организма к различным режимам физической нагрузки. Кроме того, следует отметить, что заболевания щитовидной железы являются одной из серьезных медико-социальных проблем по всему миру, т.к. имеют высокую распространенность и широкий спектр клинических проявлений и последствий.

DEPENDENCE OF MICROCIRCULATION AND THYROID STATUS INDICATORS ON THE BACKGROUND OF PHYSICAL ACTIVITY OF VARYING INTENSITY**Golubeva A.G.**

Saratov State Medical University named after V. I. Razumovsky Ministry of Health of the Russian Federation, Saratov, Russia
anna17.09@mail.ru

The aim of this study was to study the physiological role of iodized thyroid hormones in the mechanisms of adaptation of microcirculation to various modes of physical activity.

Methods. Theoretical review and analysis of scientific literature.

Results. The microcirculatory system plays a key role in ensuring tissue trophism, and therefore its functional reserves are critically important in adapting to changes in the mode of motor activity. The adaptation reactions of microcirculation to changing environmental conditions are controlled by a complex set of nervous and humoral regulatory mechanisms. An analysis of the scientific literature has revealed that the hypothalamic-pituitary-thyroid endocrine axis can have both stress-realizing and stress-limiting effects.

Conclusion. The multidirectional data on changes in the concentration of iodized hormones under stress determine the relevance of further research aimed at clarifying the role of the thyroid gland in the body's adaptation to various modes of physical activity. In addition, it should be noted that thyroid diseases are one of the serious medical and social problems worldwide, as they have a high prevalence and a wide range of clinical manifestations and consequences.

МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ И МЕМБРАННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭРИТРОЦИТОВ КАРДИОХИРУРГИЧЕСКИХ БОЛЬНЫХ ПРИ ДЕЙСТВИИ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДОРОДА И ОКСИДА АЗОТА В ХОДЕ ИСКУССТВЕННОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ

Дерюгина А.В.¹, Полозова А.В.¹, Домнин С.Е.², Пичугин В.В.²

¹ ФГАОУ ВО «ННГУ им. Н.И. Лобачевского», Нижний Новгород, Россия

² ГБУЗ НО «НИИ – СККБ им. академика Б.А. Королёва», Нижний Новгород, Россия

derugina69@yandex.ru

Цель: изучить динамику метаболической активности и процессы липопероксидации эритроцитов при воздействии оксида азота (NO) и молекулярного водорода (H₂) в процессе проведения операций с использованием искусственного кровообращения (ИК).

Методы. Исследовали концентрации АТФ и МДА в эритроцитах пациентов в ходе операций на клапанах сердца при подаче NO (40 ppm) и H₂ (1,2 ppm) в оксигенатор аппарата ИК.

Результаты. В ходе проведения операции с ИК у пациентов регистрировалось усиление липопероксидации и снижение метаболической активности в эритроцитах. При действии NO и H₂ выявлен рост концентрации АТФ, что сопровождалось снижением концентрации МДА в клетках, более выражено при действии H₂. Вероятно, антиоксидантные свойства газов определяют восстановление редокс-потенциала в эритроцитах и повышение активности гликолиза с увеличением концентрации АТФ.

Заключение. Рост концентрации АТФ направлен на поддержание ионного и структурного гомеостаза и сохранность эритроцитов, что обеспечивало улучшение кислородтранспортной функции крови и проявлялось снижением частоты послеоперационных осложнений у кардиохирургических больных.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 25-15-20083.

METABOLIC AND MEMBRANE INDICATORS OF ERYTHROCYTES IN CARDIAC SURGERY PATIENTS UNDER THE ACTION OF MOLECULAR HYDROGEN AND NITRIC OXIDE DURING ARTIFICIAL CIRCULATION

Deryugina A.V.¹, Polozova A.V.¹, Domnin S.E.², Pichugin V.V.²

¹ Lobachevsky University, Nizhny Novgorod, Russia

² Academician Korolev Cardiac Surgical Hospital, Nizhny Novgorod, Russia

The aim of the work was to study the dynamics of metabolic and oxidative processes in erythrocytes under the influence of nitric oxide (NO) and molecular hydrogen (H₂) during operations with artificial circulation (AC).

Methods. ATP and MDA concentrations in erythrocytes of patients were examined during heart valve surgery. Nitric oxide (40 ppm) and molecular hydrogen (1.2 ppm) were supplied to the oxygenator of the AC machine. Results. Increased lipoperoxidation and decreased metabolism in erythrocytes were in patients undergoing surgery with IR. At action there were observed similar dynamics in the change of indices: ATP concentration increased and MDA concentration decreased in erythrocytes of patients at action of NO and H₂. The action of H₂ was stronger. Probably, antioxidant effects of gases determine the restoration of redox potential in erythrocytes and increase of glycolysis activity and ATP concentration. Conclusion. The increase in ATP concentration determines ionic and structural homeostasis and erythrocyte preservation. It provided improvement of oxygen transport function of blood and was manifested by decreased incidence of postoperative complications in cardiac surgical patients. The work was performed under the grant of the Russian Science Foundation № 25-15-20083.

ОЦЕНКА КОРРЕЛЯЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ НИЗКОЧАСТОТНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ КОЖНОЙ МИКРОГЕМОДИНАМИКИ И КИНЕТИКОЙ ГЕНЕРАЦИИ АФК У МЫШЕЙ С МОДЕЛЬЮ САХАРНОГО ДИАБЕТА 2 ТИПА**Дюкина А.Р.¹, Гриневич А.А.¹, Северюхина М.С.^{1,2}, Серов Д.А.^{1,3}, Сафронова В.Г.¹, Танканог А.В.¹**¹Институт биофизики клетки РАН - обособленное подразделение ФГБУН ФИЦ ПНЦБИ РАН, г. Пущино, Россия²Филиал ФГБУН ГНЦ РФ Института биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН, г. Пущино, Россия³ФГБУН ФИЦ «Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН», г. Москва, РоссияDyukina.a.r@gmail.ru

Цель - оценить взаимосвязь компонентов регуляции кожной микрогемодинамики с кинетикой фагоцитоз-зависимой генерации АФК в крови мышей с генетической моделью сахарного диабета 2 типа (СД2Т), принимавших чистую воду, метформин или L-аргинин.

Методы. Анализировали спектральные компоненты эндотелиального (Е), нейрогенного (N), миогенного (М) и Майеровского (Mr) ритмов в коже задней лапы животного по данным лазерной доплеровской флоуметрии и кинетические параметры ответов клеток в цельной крови на опсонизированный зимозан (ОЗ, 15,6-250 мкг/мл) по кривым люминол-зависимой хемилюминесценции.

Результаты. Выявлена умеренная корреляция Спирмена между кинетикой генерации АФК и колебаниями микрогемодинамики в N-, Е-, Mr-интервалах в группах «вода», «L-аргинин», «метформин» у здоровых мышей, и в М- и Mr-интервалах в группах «вода», «L-аргинин» при СД2Т, соответственно, в зависимости от концентрации ОЗ.

Заключение. Компоненты регуляции кожной микрогемодинамики мышей умеренно взаимосвязаны с активностью фагоцитов крови. СД2Т изменяет эти компоненты, что может быть маркером метаболических нарушений.

Исследование поддержано Российским научным фондом (грант №22-15-00215-П).

ASSESSMENT OF CORRELATIONS BETWEEN LOW-FREQUENCY COMPONENTS OF SKIN MICROHEMODYNAMICS AND ROS GENERATION KINETICS IN MICE WITH TYPE 2 DIABETES MELLITUS**Dyukina A.R.¹, Grinevich A.A.¹, Severyukhina M.S.^{1,2}, Serov D.A.^{1,3}, Safronova V.G.¹, Tankanog A.V.¹**¹Institute of Cell Biophysics of RAS, Pushchino, Russia²Branch of Shemyakin-Ovchinnikov Institute of Bioorganic Chemistry, Pushchino, Russia³Prokhorov General Physics Institute, Moscow, Russia

The aim was to evaluate the relationship between the low frequency components of skin microhemodynamics regulation and kinetics of phagocytosis-dependent ROS generation in blood of mice with a genetic model of type 2 diabetes mellitus (T2DM) taking pure water, metformin or L-arginine. Spectral components of endothelial (E), neurogenic (N), myogenic (M) and Mayer (Mr) rhythms of skin microhemodynamics of the hind paw on laser Doppler flowmetry data and kinetic parameters of cell responses in whole blood to opsonized zymosan (OZ, 15.6-250 µg/ml) on luminol-dependent chemiluminescence curves were analyzed. Depending on OZ concentration moderate Spearman correlations were revealed between kinetics of ROS generation and N-, E-, Mr-oscillations in the healthy “water”, “L-arginine”, “metformin” groups, respectively, as well as M- and Mr-oscillations in the T2DM “water” and “L-arginine” groups, respectively. The components of murine skin microhemodynamics regulation were moderately related to blood phagocyte activity. The disease changed these components, which can be a marker of metabolic disorders.

ПОРТАТИВНЫЙ ЛАЗЕРНЫЙ АГРЕГОМЕТР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ АГРЕГАЦИИ ЭРИТРОЦИТОВ**Ермолинский П.Б.¹, Умеренков Д.А.¹, Максимов М.К.¹, Луговцов А.Е.¹, Приезжев А.В.¹**¹МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия, 119991, Ленинские горы д.1, стр. 2
ermolinskiy.pb15@physics.msu.ru

Цель данной работы заключалась в создании работающего макета портативного эритроцитарного агрегометра, который способен оценивать агрегационные параметры эритроцитов и имеет ряд преимуществ по сравнению с аналогами.

Методы. Портативный (20x15x15 см) лазерный агрегометр крови с лазером длиной волны 650 нм и вибридинамиком для создания сдвиговых напряжений в кювете, достаточных для дезагрегации образца крови.

Результаты. Впервые было продемонстрировано применение вибрационного механизма дезагрегации эритроцитов для измерения гистерезиса агрегации/деагрегации, ширина которого для здорового донора составила порядка 22,5%. Измерения, проведенные на пробах крови здоровых людей показали повторяемость результатов в последовательных экспериментах; относительная погрешность определения индекса агрегации эритроцитов и времени агрегации составила 11%.

Заключение: Создан новый портативный лазерный эритроцитарный агрегометр, включая измеритель и программное обеспечение, которые позволяют измерять агрегационные параметры эритроцитов, в том числе параметр, характеризующий гистерезис процессов их агрегации/деагрегации. Сделанный макет прибора отличается высоким уровнем кастомизации, а также возможностью быстрой и легкой замены комплектующих.

Благодарности: Данная работа была выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 25-15-00172.

PORTABLE LASER AGGREGOMETER FOR MEASURING RED BLOOD CELL AGGREGATION**Ermolinskiy P.B.¹, Umerenkov D.A.¹, Maksimov M.K.¹, Lugovtsov A.E.¹, Priezzhev A.V.¹**¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, 119991, Leninskie gory, 1, building 2
ermolinskiy.pb15@physics.msu.ru

The aim of this work was to develop a working layout of portable red blood cell (RBC) aggregometer capable of measuring RBC aggregation parameters, with several advantages over existing analogs.

Methods. A portable (20x15x15 cm) RBC aggregometer with a 650 nm wavelength laser and a vibrodynamic mechanism to generate shear stress in the cuvette sufficient to disaggregate a blood sample.

Results. For the first time, the use of a vibration mechanism of RBC disaggregation was demonstrated to measure the aggregation/disaggregation hysteresis, which for a healthy donor was about 22.5%. Studies performed on the blood of healthy people showed reproducible results in consecutive measurements; the relative error of aggregation index and aggregation time parameters was 11%.

Conclusion. A new portable laser RBC aggregometer and software were developed to measure RBC aggregation parameters, including the parameter characterizing the hysteresis of RBC aggregation/disaggregation processes. The working layout of the device offers a high degree of customization and allows for quick and easy component replacement.

НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ НОСИМОЙ МОДИФИКАЦИИ АНАЛИЗАТОРОВ ЛАЗЕРНОЙ ДОППЛЕРОВСКОЙ ФЛОУМЕТРИИ И ФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ В ОБЛАСТИ КЛИНИЧЕСКОЙ И КОСМИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНЫ

Жарких Е.В.¹, Локтионова Ю.И.¹, Янушин В.С.¹, Сидоров В.В.², Дунаев А.В.¹

¹ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», Орёл, Россия

²ООО НПП «ЛАЗМА», Москва, Россия

ev.zharkikh@gmail.com

Цель данного исследования – продемонстрировать перспективы применения носимых устройств лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) и флуоресцентной спектроскопии (ФС) в клинической практике и в области космической медицины для оценки функционального состояния космонавтов при подготовке к космическому полету (КП).

Методы. Выполнены исследования с участием пациентов с постковидным синдромом, с сахарным диабетом (СД) и с сердечно-сосудистыми патологиями. Проведены физиологические исследования при измененных параметрах дыхания (при интервальной гипоксии-гипероксической тренировке и пробах с экстремальными задержками дыхания). С участием космонавтов изучено воздействие неблагоприятных моделируемых факторов КП на микроциркуляторно-тканевые системы (МТС) организма.

Результаты. Проведенные исследования продемонстрировали различия в изменениях параметров МТС в зависимости от патологии. Исследования воздействия моделируемых факторов КП на параметры МТС выявило существование индивидуальных механизмов адаптации.

Заключение. Проведенные исследования демонстрируют, что данные, регистрируемые одновременно каналами ЛДФ и ФС носимых анализаторов, позволяют персонифицировать диагностику функционирования МТС организма человека.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (проект № 25-25-00546).

NEW PERSPECTIVES OF WEARABLE MODIFICATION OF LASER DOPPLER FLOWMETRY AND FLUORESCENCE SPECTROSCOPY ANALYZERS IN THE FIELD OF CLINICAL AND SPACE MEDICINE

Zharkikh E.V.¹, Loktionova Y.I.¹, Yanushin V.S.¹, Sidorov V.V.², Dunaev A.V.¹

¹Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia

²SPE "LAZMA" Ltd., Moscow, Russia

ev.zharkikh@gmail.com

The aim of this study is to show the potential application of wearable devices of laser Doppler flowmetry (LDF) and fluorescence spectroscopy (FS) in clinical practice and in space medicine to assess the functional state of cosmonauts during spaceflight (SF) and pre-flight training.

Methods. Studies were performed involving patients with long COVID syndrome, with diabetes mellitus (DM) and cardiovascular pathologies. Physiological studies of subjects with altered respiratory parameters (during interval hypoxia-hyperoxia training and extreme breath-holding tests) were carried out. With the participation of cosmonauts, the effect of adverse modelled SF factors on the microcirculatory-tissue systems (MTS) of the human body was studied.

Results. The conducted studies demonstrated differences in the changes of MTS parameters depending on pathology. Studies of the impact of modelled SF factors on MTS parameters revealed the presence of individual adaptation mechanisms.

Conclusion. The studies demonstrate that data recorded by LDF and FS channels of wearable analyzers enables more complete and accurate diagnostics of the functioning of the human MTS.

The study was supported by the Russian Science Foundation grant № 25-25-00546.

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К МОНИТОРИНГУ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНО-ТКАНЕВЫХ СИСТЕМ: СИНЕРГИЯ АППАРАТНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДОВ БИК-СПЕКТРОМЕТРИИ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ**Зайцева А.Ю.¹, Лямина Ю.В.¹, Глебов С.Н.¹, Мазинг М.С.¹**¹ Институт аналитического приборостроения РАН, г. Санкт-Петербург, Россияanna@da-24.ru

Целью данного исследования было изучение возможностей инновационного аппаратно-программного комплекса (АПК) на основе ближней инфракрасной спектроскопии (NIRS) для неинвазивной оценки микроциркуляции крови и тканевой оксигенации.

Методы. В рамках разработки АПК использовался спектральный диапазон 780–950 нм, оптимальный для проникновения излучения в биологические ткани и дифференциации оксигенированного и дезоксигенированного гемоглобина. Комплекс включает высокочувствительные оптоэлектронные компоненты: узкополосные светодиоды и фотодетекторы для регистрации рассеянного излучения. Применен модифицированный закон Бера-Ламберта с учетом многократного рассеяния света, а также алгоритмы цифровой обработки сигналов, линейной регрессии и анализа главных компонент.

Результаты. Экспериментальные исследования подтвердили высокую диагностическую эффективность АПК в оценке микроциркуляции, включая выявление ранних нарушений тканевой перфузии. Комплекс обеспечивает неинвазивные измерения с высокой пространственно-временной разрешающей способностью и возможностью непрерывного мониторинга.

Заключение. Разработанный АПК предоставляет новые возможности для персонализированной диагностики сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета и других патологий, связанных с нарушениями микроциркуляции, способствуя развитию превентивной медицины.

Благодарности. Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 24-21-00404).

INNOVATIVE APPROACHES TO MONITORING MICROCIRCULATORY-TISSUE SYSTEMS: SYNERGY OF HARDWARE IMPLEMENTATION OF NIR SPECTROMETRY AND INTELLIGENT DATA ANALYSIS**Zaitseva A.Yu.¹, Lyamina Yu.V.¹, Glebov S.N.¹, Mazing M.S.¹**¹Institute of Analytical Instrumentation, Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russiaanna@da-24.ru

Aim. To assess an innovative NIRS-based hardware-software complex (HSC) for non-invasive evaluation of blood microcirculation and tissue oxygenation.

Methods. The HSC operates in the 780–950 nm range, optimized for tissue penetration and hemoglobin differentiation. It uses narrow-band LEDs, photodetectors, and a modified Beer-Lambert law with signal processing (linear regression, PCA).

Results. The HSC demonstrated high diagnostic accuracy in detecting perfusion disorders, enabling non-invasive, high-resolution, and continuous monitoring.

Conclusion. The HSC enhances personalized diagnostics for cardiovascular, diabetic, and microcirculatory disorders, advancing preventive medicine.

Acknowledgments. Supported by the Russian Science Foundation (Grant No. 24-21-00404).

ВЛИЯНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДОРОДА НА МЕХАНИЗМЫ ТРАНСПОРТА КИСЛОРОДА КРОВЬЮ

Зинчук В.В., Рабковская Е.М., Бабаева П.С.

Гродненский государственный медицинский университет, Гродно, Беларусь

katya.rabkovskaya99@mail.ru

Целью данного исследования являлось определение влияния молекулярного водорода на механизмы транспорта кислорода кровью.

Материалы и методы. Объектом исследования являлась кровь, которая была разделена на 3 группы ($n=9$) по 4 мл. Первая группа служила контролем. Вторую и третью группы обрабатывали газовой смесью, содержащей 2-х % водород, в термостатируемом сатураторе в течении 10 мин. Время инкубации для второй группы составляло 30 минут, для третьей – 60 минут. На газоанализаторе Stat Profile pHox plus L (NOVA Biomedical Corporation, США) при 37° определяли показатели кислородтранспортной функции крови, такие как напряжение кислорода (pO_2) и степень оксигенации (SO_2). Статистическая обработка результатов проводилась с использованием программы Statistica 10.0. Достоверность полученных данных, с учетом размеров малой выборки, оценивали с использованием U-критерия Манна–Уитни.

Результаты. Было установлено, что инкубации крови, насыщенной газовой смесью, содержащей 2-х % водород, приводила к увеличению степени оксигенации на 12,9% ($p \leq 0,05$). Наблюдалось увеличение показателя напряжения кислорода при экспозиции 30 и 60 минут на 8,64% и на 11,3% ($p \leq 0,05$) соответственно.

Выводы. Таким образом, результаты проведенных нами исследований свидетельствуют о том, что инкубация крови с водородом приводит к изменению механизмов транспорта кислорода кровью, проявляющееся в увеличении pO_2 , SO_2 .

THE EFFECT OF MOLECULAR HYDROGEN ON THE MECHANISMS OF OXYGEN TRANSPORT BY BLOOD

Zinchuk V.V., Rabkovskaya E.M., Babayeva P.S.

Grodno State Medical University, Grodno, Belarus

katya.rabkovskaya99@mail.ru

The purpose of this study was to determine the effect of molecular hydrogen on the mechanisms of oxygen transport by blood.

Materials and methods. The object of the study was blood, which was divided into 3 groups ($n=9$) of 4 ml each. The first group served as a control. The second and third groups were treated with a gas mixture containing 2% hydrogen in a thermostatically controlled saturator for 10 minutes. The incubation time for the second group was 30 minutes, for the third – 60 minutes. The parameters of blood oxygen transport function, such as oxygen tension (pO_2) and degree of oxygenation (SO_2), were determined at 37° on a Stat Profile pHox plus L gas analyzer (NOVA Biomedical Corporation, USA). Statistical processing of the results was carried out using the Statistica 10.0 program. The reliability of the data obtained, taking into account the size of a small sample, was evaluated using the Mann–Whitney U-test.

Results. It was found that incubation of blood saturated with a gas mixture containing 2% hydrogen led to an increase in the degree of oxygenation by 12.9% ($p < 0.05$). There was an increase in oxygen stress during exposure of 30 and 60 minutes by 8.64% and 11.3% ($p < 0.05$), respectively.

Conclusions. Thus, the results of our research indicate that incubation of blood with hydrogen leads to a change in the mechanisms of oxygen transport by blood, manifested in an increase in pO_2 , SO_2 .

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМНОГО ВВЕДЕНИЯ ОЗОНА НА КИСЛОРОДСВЯЗЫВАЮЩИЕ СВОЙСТВА КРОВИ**Зинчук В.В., Меленец М.А., Волошко П.Э.**УО «Гродненский государственный медицинский университет», Гродно, Республика Беларусь
zinchuk@grsmu.by

Целью данного исследования было определение влияние системного введения озона на кислородсвязывающие свойства крови.

Методы. Объектом исследования являлись белые крысы, которым осуществляли введение озонированного 0,9 % раствора NaCl с различной концентрацией озона. Озонированный 0,9% раствор NaCl получали путем барбатирования с помощью озонотерапевтической установки УОТА-60-01. Измерение кислородсвязывающих свойств крови осуществляли с помощью газоанализатора Stat Profile pHox plus L. Для анализа полученных результатов использовали методы непараметрической статистики – U-критерий Манна-Уитни.

Результаты. Было установлено, что при использовании низких и высоких доз озона не происходит изменений показателей, характеризующих кислородсвязывающие свойства крови, в сравнении с контрольной группой. У животных, которые получали озон концентрацией 10 мкг/кг, наблюдается увеличение pO_2 и SO_2 в сравнении с контролем. Показатель $p50_{real}$, отражающий сродство гемоглобина к кислороду, увеличивается, что соответствует сдвигу кривой диссоциации оксигемоглобина вправо и, вероятно, способствует лучшей доставке кислорода тканям.

Заключение. Таким образом, результаты наших исследований свидетельствуют о том, что увеличение pO_2 и SO_2 при введении озона концентрацией 10 мкг/кг имеет значение для проявления физиологических эффектов данного фактора, в частности изменение кислородного гомеостаза, тогда как более низкие и высокие концентрации озона не приводят к изменению показателей, характеризующих кислородсвязывающие свойства крови.

EFFECT OF SYSTEMIC OZONE ADMINISTRATION ON OXYGEN-BINDING PROPERTIES OF BLOOD**Melenets M.A., Zinchuk V.V., Voloshko P.E.**Educational Institution "Grodno State Medical University", Grodno, Republic of Belarus
zinchuk@grsmu.by

The aim of this study was to determine the effect of systemic ozone administration on the oxygen-binding properties of blood.

Methods. The object of the study were white rats, which were administered ozonized 0.9% NaCl solution with different ozone concentrations. Ozonated with a 0.9% NaCl solution by bubbling using an ozone therapy unit UOTA-60-01. Oxygen-binding properties of blood were measured using a Stat Profile pHox plus L gas analyzer. Nonparametric statistics methods were used to analyze the results obtained – the Mann-Whitney U-test.

Results. It was found that when using low (1 $\mu\text{g/kg}$) and high (100 $\mu\text{g/kg}$) doses of ozone, there are no significant changes in the parameters characterizing the oxygen-binding properties of blood, compared to the control group. In animals that received ozone at a concentration of 10 $\mu\text{g/kg}$, an increase in pO_2 and SO_2 is observed compared to the control. The $p50_{real}$ parameter, reflecting the affinity of hemoglobin to oxygen, increases, which corresponds to a shift in the oxyhemoglobin dissociation curve to the right and probably contributes to better oxygen delivery to tissues.

Conclusion. Thus, the results of our studies indicate that an increase in pO_2 and SO_2 upon the introduction of ozone at a concentration of 10 $\mu\text{g/kg}$ is important for the manifestation of the physiological effects of this factor, in particular a change in oxygen homeostasis, while lower and higher concentrations of ozone do not lead to a change in the indicators characterizing the oxygen-binding properties of the blood.

МИКРОЦИРКУЛЯЦИЯ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ ДЕСЕН И СОСТОЯНИЕ ОПОРНОГО АППАРАТА ЗУБОВ

А.Н. Иванов

ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского Минздрава России, Саратов, Россия
lex558452@gmail.com

Целью настоящей работы являлось изучение морфо-функциональных корреляций изменений параметров микроциркуляции десен и структурных нарушений опорного аппарата зубов при развитии экспериментального пародонтита.

Методы. Было проведено исследование параметров перфузии десен и морфологии поддерживающего аппарата зуба при моделировании пародонтита у белых крыс лигатурным методом. Оценку перфузии десен проводили методом лазерной доплеровской флоуметрии. Верификацию сосудистых реакций осуществляли при гистологическом исследовании тканей с окраской препаратов гематоксилином и эозином.

Результаты. Обнаружено, что при моделировании пародонтита лигатурным методом у белых крыс возникают воспалительные нарушения микроциркуляции в деснах, характеризующиеся увеличением перфузии и изменением механизмов ее модуляции, которые прогрессируют в период между 14 и 21 сутками, а также морфологические признаки воспалительно-деструктивных процессов, включая изменения кровенаполнения, отеки, лейкоцитарную инфильтрацию слизистой, активацию фибробластов и резорбцию альвеолярной костной ткани, которые сохраняются вплоть до 35 суток эксперимента.

Заключение. Нарушения микроциркуляции слизистой оболочки десен предшествуют грубым морфологическим изменениям опорного аппарата зубов, что может быть использовано в качестве скринингового теста при разработке лекарственных средств для применения в пародонтологии.

MICROCIRCULATION OF THE GUM MUCOSA AND THE CONDITION OF THE DENTAL SUPPORT APPARATUS

A.N. Ivanov

Saratov State Medical University n.a. V. I. Razumovsky, Saratov, Russian Federation
lex558452@gmail.com

The aim of this work was to study the morpho-functional correlations of changes in the parameters of the microcirculation of the gums and structural disorders of the supporting apparatus of the teeth in the development of experimental periodontitis.

Methods. The parameters of gum perfusion and morphology of the tooth support apparatus were studied during the modeling of periodontitis in white rats using the ligature method. Gum perfusion was assessed by laser Doppler flowmetry. Vascular reactions were verified by histological examination of tissues stained with hematoxylin and eosin.

Results. It was found that inflammatory microcirculation disorders in the gums occur in white rats with periodontitis modeled using the ligature method, characterized by increased perfusion and changes in its modulation mechanisms, which progress between days 14 and 21, as well as morphological signs of inflammatory and destructive processes, including changes in blood filling, edema, leukocyte infiltration of the mucosa, fibroblast activation and resorption alveolar bone tissue, which are preserved up to 35 days of the experiment.

Conclusion. Thus, microcirculation disorders of the gum mucosa precede morphological changes in the supporting apparatus of the teeth, which can be used as a screening test in the development of periodontal medicines.

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СОСУДОВ У САМОК КРЫС ПРИ РАЗВИТИИ МЕТАБОЛИЧЕСКОГО СИНДРОМА**Г.Т. Иванова**

Институт физиологии им. И. П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия

ivanovagt@infran.ru

Целью было оценить функциональное состояние брыжеечных артерий у intactных и овариоэктомизированных самок крыс Wistar при высокожировой диетической нагрузке.

Методы. Используя микрофото- и видеорегистрацию диаметра сосудов *in vivo*, оценивали реактивность брыжеечных артерий на ацетилхолин (АХ) до и после применения блокатора NO-синтазы (L-NAME), и на нитропруссид натрия (НП) у intactных (HFD) и овариоэктомизированных (OvHFD) крыс, получавших 50 % жиров в диете в течение 2 месяцев, и контрольных CG и OvCG самок крыс, получавших стандартный рацион.

Результаты. Избыточное потребление жиров приводит к уменьшению амплитуды релаксации артерий на АХ: у HFD - на 19.9 % меньше, чем у CG, у OvHFD - на 21.3 %, чем у OvCG. По сравнению с дилатацией без блокаторов, применение L-NAME привело к снижению амплитуды релаксации у CG - на 68.0 %, у OvCG - на 70 %, у HFD - на 48.4 %, у OvHFD - на 55.1 %. Вызванная НП вазодилатация была снижена у крыс HFD на 32.3 %, у OvHFD - на 32.2 % по сравнению с CG и OvCG.

Заключение. Избыточное потребление жиров сопровождается снижением АХ-индуцированной дилатации вследствие как угнетения продукции NO эндотелием, так и снижения чувствительности ГМК к NO, овариэктомия усиливает висцеральное ожирение без снижения реактивности сосудов по сравнению с intactными животными.

FEATURES OF THE FUNCTIONAL STATE OF VESSELS IN FEMALE RATS DURING THE DEVELOPMENT OF METABOLIC SYNDROME**G.T. Ivanova**

Pavlov Institute of Physiology of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

ivanovagt@infran.ru

The aim was to evaluate the functional state of the mesenteric arteries in intact and ovariectomized female Wistar rats under a high-fat diet load.

Methods. Using microphoto- and video recording of the vessel diameter *in vivo*, the reactivity of the mesenteric arteries to acetylcholine (ACh) before and after the use of an NO synthase blocker (L-NAME), and to sodium nitroprusside (NP) was assessed in intact (HFD) and ovariectomized (OvHFD) rats receiving 50% fat in the diet for 2 months, and control CG and OvCG female rats receiving a standard diet.

Results. Excessive fat consumption leads to a decrease in the amplitude of arterial relaxation on ACh: in HFD - by 19.9% less than in CG, in OvHFD - by 21.3% less than in OvCG. Compared with dilation without blockers, the use of L-NAME led to a decrease in the relaxation amplitude in CG - by 68.0%, in OvCG - by 70%, in HFD - by 48.4%, in OvHFD - by 55.1%. NP-induced vasodilation was reduced in HFD rats by 32.3%, in OvHFD - by 32.2% compared with CG and OvCG.

Conclusion. Excessive fat consumption is accompanied by a decrease in ACh-induced dilation due to both the suppression of NO production by the endothelium and a decrease in the sensitivity of SMC to NO; ovariectomy increases visceral obesity without reducing vascular reactivity compared to intact animals.

ФЛУОРЕСЦЕНТНЫЕ СЕНСОРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ BODIPY ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ СЕРОВОДОРОДА В КРОВИ**Клычева М.М.^{1,3}, Камардина В.И.³, Молчанов Е.Е.², Бобров А.В.², Иванов Е.Н.², Назаров С.Б.^{1,3}**¹ ФГБОУ «Ив НИИ М и Д им. В.Н. Городкова» Минздрава России, Иваново, Россия² ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет», Иваново, Россия³ ФГБОУ ВО «Ивановский государственный медицинский университет», Иваново, Россия
maya.klycheva@yandex.ru

Цель исследования: Разработка нового метода определения сероводорода (H₂S) в жидкой и газовой фазе сыворотки крови с использованием флуоресцентных сенсорных материалов на основе BODIPY.

Материалы и методы. Исследования проводились на приборе SOLAR 2203. В качестве флуоресцентного сенсора применялся краситель BODIPY, модифицированный пиридиновым заместителем в положении 8 (1,3,5,7-тетраметил-2,6-диэтил-8-(2-пиридин)-4-боро-3а,4а-диаза-симм-индацен). Использовался свободный краситель в растворе аналита и чувствительные к парам H₂S сыворотки крови материалы на его основе. В анализе использовались образцы сыворотки с известной концентрацией H₂S.

Результаты. Полученный краситель демонстрирует селективный флуоресцентный отклик на H₂S. Разработаны сенсорные материалы на основе фильтровальной бумаги, модифицированной BODIPY. При экспонировании сенсоров парами H₂S наблюдалось снижение интенсивности люминесценции на 60% в течение 10 минут. Метод изомольной серии был адаптирован для количественного определения H₂S в сыворотке крови.

Вывод. Разработан перспективный метод детекции сероводорода в сыворотке крови, основанный на применении пиридин-содержащего BODIPY и его сенсорных материалов, демонстрирующий высокую селективность и чувствительность.

FLUORESCENT SENSOR MATERIALS BASED ON BODIPY FOR DETERMINING HYDROGEN SULFIDE LEVELS IN BLOOD**Klycheva M.M.^{1,3}, Kamardina V.I.³, Molchanov E.E.², Bobrov A.V.², Ivanov E.N.², Nazarov S.B.^{1,3}**¹ Ivanovo Research Institute of Maternity and Childhood named V.N. Gorodkov, Ivanovo, Russia² Ivanovo State University of Chemistry and Technology, Ivanovo, Russia³ FSBEI HE «Ivanovo SMU» of MOH of Russia, Ivanovo, Russia

maya.klycheva@yandex.ru

Objective: To develop a new method for determining hydrogen sulfide (H₂S) in the liquid and gas phases of blood serum using fluorescent sensor materials based on BODIPY.

Materials and methods. The studies were conducted on a SOLAR 2203 device. The fluorescent sensor was BODIPY dye modified with a pyridine substituent at position 8 (1,3,5,7-tetramethyl-2,6-diethyl-8-(2-pyridine)-4-boro-3a,4a-diaza-sym-indacene). Free dye in an analyte solution and materials based on it sensitive to H₂S vapors in blood serum were used. Serum samples with a known concentration of H₂S were used in the analysis.

Results. The resulting dye demonstrates a selective fluorescent response to H₂S. Sensor materials based on filter paper modified with BODIPY were developed. Exposure of the sensors to H₂S vapors resulted in a 60% decrease in luminescence intensity within 10 minutes. The isomolar series method was adapted for the quantitative determination of H₂S in blood serum.

Conclusion. A promising method for detecting hydrogen sulfide in blood serum based on the use of pyridine-containing BODIPY and its sensor materials has been developed, demonstrating high selectivity and sensitivity.

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ КРОВОТОКА НА РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ СИСТЕМЫ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ В ДИНАМИКЕ КУРСОВОЙ ИНЪЕКЦИОННОЙ КАРБОКСИТЕРАПИИ**Кокарева И.Н.**

ФГБОУ ВО "Смоленский государственный медицинский университет" МЗ РФ, Смоленск, Россия

inna-nika@mail.ru

Цель. Изучение системного влияния курсовой инъекционной карбокситерапии на изменение кровотока в системе микроциркуляции.

Методика. У 30 здоровых мужчин молодого возраста выполнено пять процедур инъекционной карбокситерапии с интервалом через три дня. До процедуры и через 30 минут после инъекций CO₂ регистрировали показатели микроциркуляторного русла методами высокочастотной ультразвуковой доплерографии и лазерной доплеровской флоуметрии.

Результаты. Данные высокочастотной ультразвуковой доплерографии показали статистически значимое увеличение линейных скоростей кровотока в лучевой и межпальцевой артериях, а именно: максимальной систолической (Vs) на 12 и 11 %, средней (Vam) на 57 и 70 %, максимальной диастолической (Vad) – 135 и 198 %, а так же объемной средневзвешенной по сечению сосуда скорости (Qam) на 52 и 68 % соответственно. Лазерная доплеровская флоуметрия выявила снижение амплитуды колебаний кровотока в нейрогенном частотном спектре (An) и амплитуды колебаний кровотока в миогенном частотном спектре (Am) соответственно на 44 и 35 %.

Заключение. Курсовая инъекционная карбокситерапия улучшает кровоток в системе микроциркуляции одновременно с уменьшением влияния вазоактивных и миогенных механизмов в капиллярной сети.

FEATURES OF CHANGES IN BLOOD FLOW AT DIFFERENT LEVELS OF THE MICROCIRCULATION SYSTEM IN THE DYNAMICS OF A COURSE OF INJECTION CARBOXYTHERAPY**Kokareva I.N.**

Smolensk State Medical University, 28, Krupskaya St., 214019, Smolensk, Russia

inna-nika@mail.ru

The aim. To study the systemic effect of a course of injection carboxytherapy on changes in blood flow in the microcirculation system.

Methods. Five procedures of injection carboxytherapy were performed in 30 healthy young men with an interval of three days. Before the procedure and 30 minutes after CO₂ injections, the parameters of the microcirculatory bed were recorded using high-frequency ultrasound Dopplerography and laser Doppler flowmetry.

Results. High-frequency Doppler ultrasound data showed a statistically significant increase in linear blood flow velocities in the radial and interdigital arteries, namely: maximum systolic (Vs) by 12 and 11%, average (Vam) by 57 and 70%, maximum diastolic (Vad) – 135 and 198%, as well as volumetric average-weighted velocity over the vessel cross-section (Qam) by 52 and 68%, respectively. Laser Doppler flowmetry revealed a decrease in the amplitude of blood flow oscillations in the neurogenic frequency spectrum (An) and the amplitude of blood flow oscillations in the myogenic frequency spectrum (Am), respectively, by 44 and 35%.

Conclusion. A course of injection carboxytherapy improves blood flow in the microcirculation system while simultaneously reducing the influence of vasoactive and myogenic mechanisms in the capillary network.

ОСОБЕННОСТИ КОЖНОЙ МИКРОГЕМОДИНАМИКИ У ПАЦИЕНТОВ С АТЕРОСКЛЕРОЗОМ АРТЕРИЙ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ПРИ НАРУШЕНИЯХ УГЛЕВОДНОГО ОБМЕНА

Красулина К.А., Глазков А.А., Селиванова Д.С., Глазкова П.А., Загаров С.С., Ларьков Р.Н.

ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского», Москва, Россия

krasulinaka@gmail.com

Цель исследования — выявление ассоциаций между изменениями микрогемодинамики кожи у пациентов с атеросклерозом артерий нижних конечностей (ААНК) при нормогликемии и нарушениях углеводного обмена.

Методы. 79 пациентов с ААНК были разделены на 3 группы: 1) нормогликемия, 2) нарушение гликемии натощак, 3) сахарный диабет (СД) 2 типа. Проводилось измерение базовой перфузии (ВР) и локальной тепловой гиперемии (LTH) кожи посредством некогерентной оптической флуктуационной флоуметрии (НОФФ).

Результаты. Было установлено, что LTH на пальце стопы на 25% ниже в группе 2 и на 40% в группе 3 по сравнению с группой 1 ($p=0,021$), а на тыле стопы на 3,5% и 15,5% соответственно ($p=0,027$). LTH различалась на обеих зонах при наличии окклюзий у пациентов группы 1 ($p=0,012$ и $0,016$). У лиц с предиабетом при более выраженном ААНК наблюдалось снижение ВР ($p=0,028$) и LTH ($p=0,04$) на пальце стопы. У пациентов с СД не обнаружено различий в этих параметрах при наличии окклюзий. Лодыжечно-плечевой индекс умеренно коррелировал с LTH и ВР во всех трех группах ($p<0,001$).

Заключение. Снижение LTH и ВР, определенных методом НОФФ, при предиабете и СД отражает прогрессирующее нарушение микроциркуляции и особенности сосудистого поражения в зависимости от гликемического статуса.

FEATURES OF SKIN MICROHEMODYNAMICS IN PATIENTS WITH LOWER EXTREMITY PERIPHERAL ARTERY DISEASE AND DISORDERS OF CARBOHYDRATE METABOLISM

Krasulina K.A., Glazkov A.A., Selivanova D.S., Glazkova P.A., Zagarov S.S., Larkov R.N.

Moscow Regional Research and Clinical Institute ("MONIKI"), Moscow, Russia

krasulinaka@gmail.com

The aim of this study was to identify associations between changes in skin microhemodynamics in patients with lower extremity peripheral artery disease (LE-PAD) under conditions of normoglycemia and carbohydrate metabolism disorders.

Methods. 79 patients with LE-PAD were divided into 3 groups: 1) normoglycemia, 2) impaired fasting glucose, 3) type 2 diabetes mellitus (DM). Skin baseline perfusion (BP) and local thermal hyperemia (LTH) were measured using incoherent optical fluctuation flowmetry (IOFF).

Results. LTH at the toe was 25% lower in group 2 and 40% lower in group 3 compared to group 1 ($p=0.021$), while on the dorsum of the foot it was reduced by 3.5% and 15.5%, respectively ($p=0.027$). LTH differed at both sites in group 1 with occlusions ($p=0.012$ and 0.016). In patients with prediabetes and more advanced LE-PAD, BP ($p=0.028$) and LTH ($p=0.04$) at the toe were decreased. No differences in these parameters were found in patients with DM in the presence of occlusions. The ankle-brachial index correlated with LTH and BP across all 3 groups ($p<0.001$).

Conclusion. The reduction in LTH and BP determined by the IOFF method in prediabetes and DM reflects progressive microcirculatory impairment and features of vascular damage depending on glycemic status.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ИССЛЕДОВАНИИ ДЕФОРМИРУЕМОСТИ И АГРЕГАЦИИ ЭРИТРОЦИТОВ ЧЕЛОВЕКА**Ладынин А.И.¹, Луговцов А.Е.¹, Приезжев А.В.¹, Муравьев А.В.²**¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия²ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского», Ярославль, Россияladynin.ai19@physics.msu.ru

Целью данного исследования была разработка и валидация нейросетевого подхода для высокопроизводительного анализа распределения эритроцитов (Э) по деформируемости и кинетики их агрегации/деагрегации в потоке.

Методика. Исследование образцов клеток в проточной камере с помощью оптической микроскопии включало автоматизированный анализ их изображений нейросетями Cellpose и EfficientNet. Результаты сравнивались с данными, полученными методами лазерной агрегометрии и дифрактометрии (прибор RheoScan) для здоровых Э, фиксированных Э (глутаровым альдегидом) и Э пациентов с возраст-ассоциированными заболеваниями.

Результаты. Показано, что разработанный подход эффективно сегментирует Э (точность 0.9 по метрике IoU с порогом 0.5), выявляя особенности в их распределении по деформируемости. EfficientNet классифицировала агрегаты с точностью 0.8, обнаруживая тонкие морфологические различия. Выявлены факторы, влияющие на воспроизводимость результатов (адгезия, среда, отмывание). Сравнение с RheoScan подтвердило преимущества метода для анализа различий микрореологических параметров для 30 образцов крови.

Выводы. Нейросетевой подход обеспечивает высокопроизводительный анализ деформируемости и агрегации Э (5 сек. на 1 снимок с >50 Э или их агрегатами на RTX 4060m), выявляя их различия. Метод перспективен для диагностики заболеваний и мониторинга терапии, но требует стандартизации протоколов подготовки образцов.

Благодарности. Работа была выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 25-15-00172.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE STUDY OF HUMAN RED BLOOD CELLS DEFORMABILITY AND AGGREGATION**Ladynin A.I.¹, Lugovtsov A.E.¹, Priezzhev A.V.¹, Muravyov A.V.²**¹M. V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia²Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky, Yaroslavl, Russialadynin.ai19@physics.msu.ru

The aim of this study was to develop and validate a neural network-based approach for high-throughput analysis of red blood cell (RBC) deformability distribution and their aggregation/disaggregation kinetics in flow.

Methods. The study in a flow chamber (optical microscopy) involved automated image analysis using Cellpose and EfficientNet neural networks. Results were compared with laser aggregometry/diffractometry (RheoScan device) for healthy, fixed (glutaraldehyde), and pathological RBCs.

Results. The approach effectively segments RBCs (0.9 IoU accuracy with 0.5 threshold), revealing their deformability distribution. EfficientNet classified aggregates (0.8 accuracy), detecting subtle morphological differences. Factors affecting reproducibility (adhesion, medium, washing) were identified. Comparison with RheoScan confirmed the method's advantages for analyzing microrheological parameters in 30 blood samples.

Conclusions. The neural network approach provides high-throughput analysis of RBC deformability and aggregation (5 sec/image for >50 RBCs/aggregates on RTX 4060m), revealing their heterogeneity. The method is promising for disease diagnostics and therapy monitoring, requiring standardization of sample preparation protocols.

ЛАЗЕРНАЯ ДОППЛЕРОВСКАЯ ФЛУОМЕТРИЯ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КРОВИ КАК ИНСТРУМЕНТ АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ ФИЗИОТЕРАПИИ¹Н.С.Лапаева, ²А. А. Федоров

ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, г. Екатеринбург, Россия

Аннотация. Доклад посвящен применению лазерной доплеровской флуометрии (ЛДФ) для оценки эффективности физиотерапии в реабилитации пациентов после пластических операций с перемещением кожных лоскутов. Метод ЛДФ продемонстрировал высокую чувствительность к изменениям микроциркуляции, позволяя проводить персонализированное планирование восстановления. Рассмотрены традиционные и современные методы физиотерапии, включая карбокситерапию и текар-терапию.

Цель исследования — определить эффективность воздействия традиционных и современных физиотерапевтических методов, а также их сочетаний, в восстановлении микроциркуляции крови после пластических операций с перемещением кожных лоскутов, с акцентом на объективизацию восстановительных процессов с использованием лазерной доплеровской флуометрии как инструмента контроля.

В исследование включены пациенты после пластических операций с перемещением мягких тканей и кожных лоскутов. Данные собраны у пациентов, проходивших курсы физиотерапии различного объема и характера. Использованы традиционные методы физиотерапии (например, магнитотерапия, узт и др.) и новые технологии: карбокситерапия и текар-терапия (INDIBA). Анализировались параметры перфузии М-нутриентный и М-шунтирующий, ПОМ, АНАДН и их динамика.

В результате проведена оценка эффективности физиотерапевтического воздействия по анализу изменений микроциркуляции по данным лазерной доплеровской флуометрии до и после курса физиотерапии. Для иллюстрации различий в ответе на терапию рассмотрены клинические кейсы с контрастными исходами: одни отражают выраженный положительный эффект от комбинированной физиотерапии, другие демонстрируют ограниченный отклик на фоне выраженной ишемии. Это подчёркивает значимость индивидуальной оценки состояния микроциркуляции при планировании терапии.

Таким образом, лазерная доплеровская флуометрия — простой и доступный, неинвазивный метод оценки микроциркуляции, позволяющий: прогнозировать риски, подбирать персонализированную реабилитацию и отслеживать эффективность терапии в динамике.

Ключевые слова: ЛДФ, микроциркуляция, кожные лоскуты, физиотерапия, карбокситерапия, текар-терапия, реабилитация.

LASER DOPPLER FLOWMETRY OF BLOOD MICROCIRCULATION AS A TOOL FOR ANALYZING THE EFFECTIVENESS OF PHYSIOTHERAPEUTIC FACTORS¹N.S. Lapaeva, ²A.A. FedorovEkaterinburg Medical Research Center for Industrial Health, Rospotrebnadzor
Yekaterinburg, Russia

This paper focuses on the use of Laser Doppler Flowmetry (LDF) for the objective assessment of the effects of traditional and modern physiotherapeutic methods on the restoration of microcirculation in patients after skin flap surgeries; the LDF method enables risk prediction, personalized rehabilitation planning, and monitoring of its effectiveness.

Keywords: LDF, microcirculation, skin flaps, physiotherapy, carboxytherapy, TECAR therapy, rehabilitation.

АССОЦИАЦИИ СОДЕРЖАНИЯ КОЛЛАГЕНА IV ТИПА С ПОКАЗАТЕЛЯМИ ЛИПИДОГРАММЫ У МУЖЧИН 30-49 ЛЕТ**Левкович Т.В.¹, Пронько Т.П.¹, Бородавко О.Н.², Парай И.Л.²**

1 – Учреждение образования «Гродненский государственный медицинский университет», г.Гродно, Республика Беларусь

2 – Учреждение здравоохранения «Гродненская университетская клиника», г.Гродно, Республика Беларусь

Levkovich2816@yandex.by

Цель. Оценить содержание коллагена IV типа у практически здоровых мужчин и у мужчин с артериальной гипертензией (АГ) I и II степени 30-49 лет, выявить корреляции уровня коллагена IV типа с показателями липидного обмена.

Методы. У 67 практически здоровых мужчин и 140 пациентов с АГ I и II степени 30-49 лет были выполнены исследования: определение показателей липидограммы (общего холестерина, холестерина ЛПНП, ЛПВП, аполипопротеина В (апоВ), аполипопротеина А1 (апоА1)), иммуноферментное исследование содержания коллагена IV типа в крови.

Результаты. Содержание коллагена IV типа у практически здоровых мужчин составило 9,6 [6,4; 14,3] нг/мл, что было сопоставимо с содержанием коллагена IV типа у пациентов с АГ (11,1 [7,0; 16,1] нг/мл, $p=0,20$). У здоровых лиц выявлена корреляция уровня коллагена IV типа и холестерина ЛПВП ($R_s=-0,29$, $p=0,02$), у пациентов с АГ – между коллагеном IV типа и апоВ ($R_s=0,23$, $p=0,01$), апоВ/апоА1 ($R_s=0,24$, $p=0,01$), общим холестерином ($R_s=0,28$, $p=0,003$), холестерином ЛПНП ($R_s=0,26$, $p=0,006$), холестерином неЛПВП ($R_s=0,28$, $p=0,003$).

Заключение. Содержание коллагена IV типа сопоставимо у практически здоровых мужчин и пациентов с АГ. Выявлены корреляции слабой силы между уровнем коллагена IV типа и показателями липидного обмена как у здоровых лиц, так и у пациентов с АГ.

ASSOCIATIONS OF TYPE IV COLLAGEN LEVEL WITH LIPIDOGRAM INDICATORS IN MEN AGED 30-49**Levkovich T.V.¹, Pronko T.P.¹, Borodavko O.N.², Paray I.L.²**

1 – Grodno State Medical University, Grodno, Republic of Belarus

2 – Health care Institution “Grodno University Clinic”, Grodno, Republic of Belarus

Levkovich2816@yandex.by

Objective. To assess the level of type IV collagen in practically healthy men and in men with arterial hypertension (AH) of I and II degrees 30-49 years old, to identify correlations of the level of type IV collagen with lipid metabolism indices.

Methods. The following studies were performed in 67 practically healthy men and 140 patients with AH of I and II degrees aged 30-49: determination of lipidogram parameters (total cholesterol, LDL cholesterol, HDL, apolipoprotein B (apoB), apolipoprotein A1 (apoA1)), enzyme immunoassay of type IV collagen level in the blood.

Results. The content of type IV collagen in practically healthy men was 9,6 [6,4; 14,3] ng/ml, which was comparable with the level of type IV collagen in patients with hypertension (11,1 [7,0; 16,1] ng/ml, $p=0.20$). In healthy individuals, a correlation was found between the level of type IV collagen and HDL cholesterol ($R_s=-0,29$, $p=0,02$), in patients with AH - between type IV collagen and apoB ($R_s=0,23$, $p=0,01$), apoB/apoA1 ($R_s=0,24$, $p=0,01$), total cholesterol ($R_s=0,28$, $p=0,003$), LDL cholesterol ($R_s=0,26$, $p=0,006$), non-HDL cholesterol ($R_s=0,28$, $p=0,003$).

Conclusion. The level of type IV collagen is comparable in practically healthy men and patients with AH. Weak correlations were found between the level of type IV collagen and lipid metabolism parameters both in healthy individuals and in patients with AH.

АССОЦИАЦИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛИПИДОГРАММЫ С ПАРАМЕТРАМИ РЕМОДЕЛИРОВАНИЯ АРТЕРИЙ У ЗДОРОВЫХ МУЖЧИН И ПАЦИЕНТОВ С АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ**Левкович Т.В.¹, Пронько Т.П.¹, Мелешко А.В.²**

1 – Учреждение образования «Гродненский государственный медицинский университет», г.Гродно, Республика Беларусь

2 – Государственное учреждение «1134 военный клинический медицинский центр Вооруженных Сил Республики Беларусь» г.Гродно, Республика Беларусь

Levkovich2816@yandex.by

Цель: выявить корреляции показателей липидограммы с параметрами ремоделирования артерий у здоровых мужчин и пациентов с артериальной гипертензией (АГ).

Методы. У 67 практически здоровых мужчин и 140 пациентов с АГ I и II степени 30-49 лет выполнены исследования: липидограмма; измерение индекса аугментации (ИА) и сосудистого возраста на сфигмографе VaSera VS-1500N; дуплексное сканирование брахиоцефальных артерий с оценкой толщины комплекса интима-медиа (ТКИМ); оценка каротидно-радиальной скорости распространения пульсовой волны (крСРПВ) на реографе.

Результаты. У пациентов с АГ apoB коррелировал с сосудистым возрастом ($R_s=0,3$, $p=0,02$), ТКИМ ($R_s=0,54$, $p=0,01$) и ИА ($R_s=0,25$, $p=0,046$), также с ТКИМ коррелировали общий холестерин ($R_s=0,58$, $p=0,0004$), ЛПНП ($R_s=0,54$, $p=0,002$), холестерин неЛПВП ($R_s=0,52$, $p=0,002$). У практически здоровых лиц с ТКИМ коррелировали apoB ($R_s=0,55$, $p=0,00003$), общий холестерин ($R_s=0,32$, $p=0,02$), ЛПНП ($R_s=0,33$, $p=0,02$), холестерин неЛПВП ($R_s=0,34$, $p=0,01$) и триглицериды ($R_s=0,34$, $p=0,07$), а с крСРПВ коррелировал apoB ($R_s=0,26$, $p=0,04$).

Заключение. Выявлены корреляции между показателями липидограммы и параметрами ремоделирования артерий как у здоровых мужчин, так и у пациентов с АГ.

ASSOCIATIONS OF LIPIDOGRAM INDICATORS WITH ARTERIAL REMODELING PARAMETERS IN HEALTHY MEN AND PATIENTS WITH ARTERIAL HYPERTENSION**Levkovich T.V.¹, Pronko T.P.¹, Meleshko A.V.²**

1 – Educational Institution “Grodno State Medical University”, Grodno, Republic of Belarus

2 – State Institution “1134 Military Clinical Medical Center of the Armed Forces of the Republic of Belarus”, Grodno, Republic of Belarus

Levkovich2816@yandex.by

Objective: to identify correlations between lipidogram parameters and arterial remodeling parameters in healthy men and patients with arterial hypertension (AH).

Methods. The following studies were performed in 67 practically healthy men and 140 patients with AH of the I and II degrees aged 30-49: lipidogram; augmentation index (AI) and vascular age on a VaSera VS-1500N sphygmograph; assessment of the intima-media thickness (IMT) by duplex scanning; assessment of the carotid-radial pulse wave velocity (crPWV) by rheograph.

Results. In patients with AH apoB correlated with vascular age ($R_s=0,3$, $p=0,02$), IMT ($R_s=0,54$, $p=0,01$), AI ($R_s=0,25$, $p=0,046$); total cholesterol ($R_s=0,58$, $p=0,0004$), LDL ($R_s=0,54$, $p=0,002$), and non-HDL cholesterol ($R_s=0,52$, $p=0,002$) also correlated with IMT. In practically healthy individuals apoB ($R_s=0,55$, $p=0,00003$), total cholesterol ($R_s=0,32$, $p=0,02$), LDL ($R_s=0,33$, $p=0,02$), non-HDL cholesterol ($R_s=0,34$, $p=0,01$) and triglycerides ($R_s=0,34$, $p=0,07$) correlated with IMT; apoB correlated with crPWV ($R_s=0,26$, $p=0,04$).

Conclusion. Correlations were found between lipidogram parameters and arterial remodeling parameters in both healthy men and patients with AH.

АССОЦИАЦИИ СОДЕРЖАНИЯ КОЛЛАГЕНА IV ТИПА С ПОКАЗАТЕЛЯМИ ЛИПИДОГРАММЫ У МУЖЧИН С АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ И АТЕРОСКЛЕРОЗОМ СОННЫХ АРТЕРИЙ**Левкович Т.В.¹, Пронько Т.П.¹, Мелешко А.В.²**

1 – Учреждение образования «Гродненский государственный медицинский университет», г.Гродно, Республика Беларусь

2 – Государственное учреждение «1134 военный клинический медицинский центр Вооруженных Сил Республики Беларусь» Гродно, Республика Беларусь

Levkovich2816@yandex.by

Цель: оценить содержание коллагена IV типа у мужчин 30-49 лет с артериальной гипертензией (АГ) I и II степени, выявить корреляции уровня коллагена IV типа с показателями липидного обмена.

Методы. У 140 мужчин 30-49 лет с АГ были выполнены исследования: определение показателей липидограммы, иммуноферментное исследование содержания коллагена IV типа в крови, дуплексное сканирование брахиоцефальных артерий.

Результаты. Содержание коллагена IV типа выше у пациентов с АГ при выявлении атеросклероза сонных артерий по сравнению с пациентами с АГ без атеросклероза сонных артерий (13,0 [8,2; 18,3] нг/мл и 10,0 [6,5; 15,0] нг/мл соответственно, $p=0,02$). У пациентов с АГ без атеросклероза сонных артерий выявлены корреляции между коллагеном IV типа и апоВ ($R_s=0,24$, $p=0,048$), апоВ/апоА1 ($R_s=0,29$, $p=0,01$), холестерином ЛПНП ($R_s=0,24$, $p=0,04$), при выявлении атеросклероза сонных артерий – между содержанием коллагена IV типа и холестерина ЛПНП ($R_s=0,41$, $p=0,01$).

Заключение. Содержание коллагена IV типа выше у мужчин с АГ при наличии у них атеросклероза сонных артерий. Выявлены корреляции между уровнем коллагена IV типа и параметрами липидного обмена.

ASSOCIATIONS OF TYPE IV COLLAGEN CONTENT WITH LIPIDOGRAM INDICATORS IN MEN WITH ARTERIAL HYPERTENSION AND ATHEROSCLEROSIS OF THE CAROTID ARTERIES**Levkovich T.V.¹, Pronko T.P.¹, Meleshko A.V.²**

1 – Educational Institution “Grodno State Medical University”, Grodno, Republic of Belarus

2 – State Institution “1134 Military Clinical Medical Center of the Armed Forces of the Republic of Belarus” Grodno, Republic of Belarus

Levkovich2816@yandex.by

Objective: to assess the level of type IV collagen in men aged 30-49 years with arterial hypertension (AH) I and II degree, to identify correlations between the level of type IV collagen and lipid metabolism parameters.

Methods. The following studies were performed in 140 men aged 30-49 years with AH: determination of lipidogram parameters, enzyme immunoassay of type IV collagen level in the blood, duplex scanning of the brachiocephalic arteries.

Results. The content of type IV collagen is higher in patients with AH with detection of carotid artery atherosclerosis compared to patients without carotid artery atherosclerosis (13,0 [8,2; 18,3] ng/ml and 10,0 [6,5; 15,0] ng/ml, respectively, $p=0,02$). In patients with AH without carotid atherosclerosis, correlations were found between the levels of type IV collagen and apoB ($R_s=0,24$, $p=0,048$), apoB/apoA1 ($R_s=0,29$, $p=0,01$), LDL cholesterol ($R_s=0,24$, $p=0,04$); in the presence of carotid atherosclerosis – between the level of type IV collagen and LDL cholesterol ($R_s=0,41$, $p=0,01$).

Conclusion. The content of type IV collagen is higher in men with AH in the presence of carotid atherosclerosis. Weak and moderate correlations were found between the level of type IV collagen and lipid metabolism parameters.

ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК РАЗНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ НА СОСТОЯНИЕ КОЖНОГО МИКРОКРОВОТОКА НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ**Лиханов Д.И.**

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

lihanovdi@gmail.com

Целью настоящего исследования было изучить влияние физических нагрузок различной интенсивности на состояние кожного микрокровоотока нижних конечностей.

Методы. В исследовании приняли участие 20 практически здоровых добровольцев-мужчин в возрасте от 18 до 20 лет. Они выполняли восхождение на ступень высотой 30 см в течение 5 минут с двумя вариантами интенсивности: 20 и 30 восхождений в минуту. Оценку состояния микроциркуляции проводили с использованием лазерного анализатора микроциркуляции крови «ЛАЗМА-ПФ» (НПП «ЛАЗМА», Россия), который фиксировали на передней поверхности бедра.

Результаты. После высокоинтенсивной нагрузки отмечено статистически значимое увеличение показателей перфузии (на 41%, $p < 0.01$) и нутритивного кровотока (на 48%; $p < 0.01$), обусловленное интенсификацией регуляторных механизмов микроциркуляции, на что указывали увеличение вариабельности микрокровоотока (на 44%, $p < 0.01$) и рост амплитуд эндотелиальных (на 41%, $p < 0.05$), нейрогенных (на 35%, $p < 0.05$), миогенных (на 33%, $p < 0.05$), дыхательных (на 28%; $p < 0.01$) и сердечных (на 23%; $p < 0.01$) ритмов.

Заключение. В отличие от нагрузок низкой интенсивности, высокоинтенсивные нагрузки приводят к интенсификации кожного микрокровоотока в нижних конечностях, что достигается за счет напряженного функционирования активных и пассивных регуляторных механизмов микроциркуляции.

THE EFFECT OF PHYSICAL LOAD OF VARYING INTENSITY ON THE STATE OF THE CUTANEOUS MICROCIRCULATION OF THE LOWER EXTREMITIES**Likhanov D.I.**

Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky, Yaroslavl, Russia

lihanovdi@gmail.com

The purpose of this study was to study the effect of physical load of varying intensity on the state of the cutaneous microcirculation of the lower extremities.

Methods. The study involved 20 practically healthy male volunteers aged 18 to 20 years. They climbed a 30 cm high step for 5 minutes with two intensity options: 20 and 30 ascents per minute. The state of microcirculation was assessed using a laser blood microcirculation analyzer "LAZMA-PF" (NPP "LAZMA", Russia), which was fixed on the anterior surface of the thigh.

Results. After high-intensity exercise, there was a statistically significant increase in perfusion (by 41%, $p < 0.01$) and nutritional blood flow (by 48%, $p < 0.01$) due to the intensification of the regulatory mechanisms of microcirculation, as indicated by an increase in the variability of microcirculation (by 44%, $p < 0.01$) and an increase in amplitudes of endothelial (by 41%, $p < 0.05$), neurogenic (by 35%, $p < 0.05$), myogenic (by 33%, $p < 0.05$), respiratory (by 28%, $p < 0.01$) and cardiac (by 23%, $p < 0.01$) rhythms.

Conclusion. Unlike low-intensity loads, high-intensity loads lead to an intensification of skin microcirculation in the lower extremities, which is achieved due to the intense functioning of active and passive regulatory mechanisms of microcirculation.

КОРРЕЛЯЦИОННАЯ СВЯЗЬ МЕЖДУ ГЕМОРЕОЛОГИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ ИЗМЕРЯЕМЫМИ ОПТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ *IN VITRO* И *IN VIVO* ПРИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ

Луговцов А.Е.¹, Гурфинкель Ю.И.², Дячук Л.И.², Ермолинский П.Б.¹, Максимов М.К.¹, Умеренков Д.А.¹, Приезжев А.В.¹

¹Физический факультет и ²Медицинский научно-образовательный институт
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия
anlug@biomedphotonics.ru

Целью данного исследования было установление корреляционных взаимосвязей между измеряемыми неинвазивно параметрами капиллярного кровотока, перфузии кожи и функции эндотелия с измеряемыми в пробах крови микрореологическими параметрами.

Методы. Количественная оценка параметров капиллярного кровотока *in vivo* проводилась с помощью метода оптической капилляроскопии, показатели перфузии и эндотелиальной функции измерялись *in vivo* с помощью методов лазерной доплеровской флоуметрии и окклюзионной плетизмографии. Для характеристики микрореологических свойств эритроцитов и тромбоцитов *in vitro* применялись методы лазерной агрегометрии и дифрактометрии, оптического захвата эритроцитов, турбидиметрии рассеяния света. В исследовании принимали участие здоровые добровольцы и пациенты с сердечно-сосудистыми заболеваниями (ССЗ): артериальной гипертензией, хронической сердечной недостаточностью, фибрилляцией предсердий, ишемической болезнью сердца.

Результаты. Результаты демонстрируют наличие статистически значимых корреляционных взаимосвязей между гемореологическими параметрами измеряемыми *in vitro* и *in vivo*. Например, наблюдается отрицательная корреляция между индексом агрегации эритроцитов и тромбоцитов со скоростью капиллярного кровотока. Наличие ССЗ приводит к повышенной агрегации, пониженной деформируемости эритроцитов, а также нарушениям перфузии, функции эндотелия и ухудшению терминального кровообращения.

Заключение. Используя неинвазивные методы, можно не только определить параметры кровотока, но и судить о микрореологических параметрах крови, и наоборот. Эти преимущества важны для комплексной оценки гемореологического статуса пациентов при использовании подхода персонализированной медицины и поможет практикующим врачам скорректировать лечение ССЗ.

Благодарности: Выполнено при финансовой поддержке гранта РНФ № 25-15-00172.

CORRELATION BETWEEN HEMORHEOLOGICAL PARAMETERS MEASURED BY OPTICAL METHODS *IN VITRO* AND *IN VIVO* IN CARDIOVASCULAR DISEASES

Lugovtsov A.E.¹, Gurfinkel Yu.I.², Dyachuk L.I.², Ermolinskiy P.B.¹, Maksimov M.K.¹, Umerenkov D.A.¹, Priezzhev A.V.¹

¹Physics Department and ²Medical Research and Educational Institute,
M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
anlug@biomedphotonics.ru

The **aim** of this study was to establish correlations between non-invasively measured parameters of capillary blood flow, skin perfusion and endothelial function with microrheological parameters measured in blood samples. **Methods** of optical capillaroscopy, laser Doppler flowmetry and occlusive plethysmography, laser aggregometry and diffractometry, optical trapping and turbidimetry of were used. The **results** demonstrate the presence of statistically significant correlations between hemorheological parameters measured *in vitro* and *in vivo*.

Conclusion. Using non-invasive methods, it is possible not only to determine the parameters of blood flow, but also to judge about the microrheological parameters of blood, and vice versa. These advantages are important for a comprehensive assessment of the hemorheological status of patients especially when using the personalized medicine approach.

**ВОЗМОЖНОСТИ ОПТИЧЕСКОГО ПИНЦЕТА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ
МИКРОРЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭРИТРОЦИТОВ****Максимов М.К.¹, Ермолинский П.Б.¹, Луговцов А.Е.¹, Приезжев А.В.¹**¹МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия, 119991, Ленинские горы д.1, стр. 2madoway@yandex.ru

Целью мастер-класса является ознакомление аудитории с физическими принципами функционирования оптического пинцета и его возможностями по измерению микрореологических параметров эритроцитов, то есть параметров их деформируемости и агрегации, играющих одну из ключевых ролей в определении кровотока.

Методы. Оптический пинцет позволяет создавать области, в которых силы давления света стремятся удержать частицу в одной точке (оптические ловушки). Чаще всего используется лазер с длиной волны в ближнем инфракрасном диапазоне, например, Nd:YAG (1064 нм).

Результаты. Для измерения деформируемости клеток с помощью оптического пинцета может быть применено множество подходов. Захваченные клетки можно перемещать с различными скоростями, можно деформировать клетки, прикреплённые к поверхности или же растягивать эритроцит двумя оптическими ловушками. В число измеряемых параметров входят индекс удлинения, модуль Юнга и другие характеристики. Для оценки агрегации эритроцитов требуется захватить две клетки, свести их до определённого перекрытия мембран и изменять силу захвата. Таким образом можно измерить силы спонтанной агрегации эритроцитов и их дезагрегации.

Заключение: Одними из наиболее важных микрореологических параметров крови являются деформируемость и агрегация эритроцитов. Оптический пинцет позволяет многосторонне оценить эти параметры на уровне одиночных клеток при разных условиях, что предоставляет широкие исследовательские возможности и представляет клинический интерес.

Благодарности: Данная работа была выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 25-15-00172.

**OPTICAL TWEEZERS APPLICATIONS FOR RED BLOOD CELL MICRORHEOLOGICAL
PARAMETERS MEASUREMENTS****Maksimov M.K.¹, Ermolinskiy P.B.¹, Lugovtsov A.E.¹, Priezzhev A.V.¹**¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, 119991, Leninskie gory, 1, building 2madoway@yandex.ru

The aim of this workshop is to introduce physical principles of optical tweezers operation and their possibilities for measuring the microrheological parameters of red blood cells (RBCs), namely their deformability and aggregation playing crucial roles in blood flow determination.

Methods. Optical tweezers create areas where optical pressure forces trap the particle and prevent its movement away from the certain point (optical traps). Near-infrared laser light is the most common choice, for example, Nd:YAG laser (1064 nm).

Results. To estimate RBC deformability via optical tweezers a variety of approaches may be applied. Trapped cells can be dragged at different velocities, cells attached to a surface can be deformed, a single RBC can be stretched by two optical traps. Elongation index, Yung's modulus and other parameters are among the possible measured characteristics. To evaluate RBC aggregation, one should trap two cells, bring them in contact until a certain membrane overlap and then vary the trapping force value. This allows for measuring the forces of RBC spontaneous aggregation and RBC disaggregation forces.

Conclusion. Red blood cell deformability and aggregation are important microrheological parameters of blood. Optical tweezers allow to quantitatively determine these parameters on the level of single cells using various approaches, which provides wide investigation possibilities.

К ВОПРОСУ О СТАНДАРТИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАНИЙ В МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ**Малахова З.Л., Маргарьянц Н.Б., Лукина О.В., Власов Т.Д.**

ФГБОУ ВО "Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П.Павлова", Санкт-Петербург, Россия

zinaida.malahova@gmail.com

Целью было сравнить диагностическую значимость методов ультразвуковой диагностики с нагрузочными тестами в оценке эндотелиальной дисфункции в норме и при патологии с помощью ROC анализа.

Методы. Был выполнен ROC анализ с определением оптимальной точки отсечения для оценки диагностической точности измерения потокзависимой вазодилатации микрососудов доплерографией с оценкой эндотелиальной дисфункции (ЭД) у здоровых испытуемых и пациентов с сахарным диабетом 2 типа (СД 2 типа) при применении «окклюзионной» (ОкП) и «ацетилхолиновой» (АцХ) проб.

Результаты. По результатам проведенного ROC-анализа были определены пороговые значения скорости кровотока МЦР в исследуемых пробах ОкП и АцХ, значения ниже которых трактуются как ЭД. Было установлено, что у всех пациентов с СД имеет место ЭД ($p < 0,001$), но при применении ОкП чувствительность метода у здоровых пациентов оказалась выше чем в АцХ. Кроме того в ОкП уже на 2-й минуте мы получили достоверные различия в показателях кровотока между здоровыми испытуемыми и пациентами с СД (ROC порог, 137%; УОСК 112%), тогда как в группе «пробы с ацетилхолином» только на 4-й минуте (ROC порог, 144%; УОСК 126%).

Заключение. Получив эти данные определили пороговые значения скорости кровотока для ПЗВД МЦР и в ОкП и в АцХ для дальнейшей стандартизации этих методик и возможного включения этих методик в клиническую практику и подтвердили их эффективность оценки ЭД у пациентов с СД 2 типа.

TO THE QUESTION OF STANDARDIZATION OF RESEARCH IN MICROCIRCULATION**Malakhova Z.L., Margaryants N.B., Lukina O.V., Vlasov T.D.**

Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russia

zinaida.malahova@gmail.com

The aim was to compare the diagnostic significance of sonography methods in assessing endothelial dysfunction (ED) in health and disease using ROC analysis.

Methods. ROC analysis was performed to determine the optimal cutoff point for the diagnostic accuracy of measuring flow-dependent vasodilation of microcirculation vessels using HF Doppler sonography with assessment of ED in healthy and patients with type 2 diabetes mellitus (T2DM) using the "occlusion" (OT) and "acetylcholine" (AT) tests.

Results. The ROC analysis, threshold values of the microcirculation blood flow velocity were determined in the studied tests (OT & AT), values below which are interpreted as ED. It was found that all patients with T2DM have ED ($p < 0.001$), but when using the OT the sensitivity of the method in healthy patients was higher than in the AT. In the OT already at the 2nd minute we received reliable differences in blood flow parameters between healthy subjects and patients with T2DM (ROC threshold, 137%; SVF 112%), while in the AT group only at the 4th minute (ROC threshold, 144%; SVF 126%).

Conclusion. We determined the threshold values of FMD of the MCR in both the OT and the AT for further standardization of these methods and possible inclusion of these methods in clinical practice and confirmed their effectiveness in assessing endothelial dysfunction in patients with type 2 diabetes.

РЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ У ДЕТЕЙ С РАЗЛИЧНЫМ СОСТОЯНИЕМ КОСТНО-МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ**Мартусевич А.К.¹, Мамонова С.Б.¹, Диленья Л.Р.²**¹ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», Нижний Новгород, Россия²ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, Нижний Новгород, Россия
cryst-mart@yandex.ru

Цель исследования: изучение регионального кровообращения у школьников с учетом состояния костно-мышечной системы.

Материалы и методы. Была обследована группа детей 7-15 лет с плоскостопием (n=175). Во вторую группу вошли 242 здоровых школьников того же возраста. Для оценки артериального и венозного кровотока в сосудах нижних конечностей (голень-стопа) при плоскостопии использовали реовазографию нижних конечностей, осуществленную на реографическом комплексе «Рео-спектр».

Результаты. Выявлена степень частоты дикротического индекса (ДИА) в 8 лет с дыхательной составляющей спектра в стопах ($r=0,8$). Реографический индекс (РИ) у детей при отсутствии патологии имеют высокие значения на уровне голени с 7-14 лет, в стопах в 12-14 лет, по сравнению с нормой. Кроме того, интенсивность и скорость кровотока взаимосвязаны в сторону увеличения в 9-10, 12-15 лет [$r=0,9$]. При плоскостопии у детей 8-10 лет колебания ДИА в сторону увеличения или уменьшения минимальны (не более 20%). С 11 лет при плоскостопии прослеживается тенденция к повышению ДИА, по сравнению с группой контроля. Более высокие уровни ДИА зафиксированы на уровне голени в 14 лет (47%) и в 15 лет (27,7%). В стопах закономерность к повышению ДИА более выражена: в 12 лет параметр превышает уровень здоровых детей на 29,7%, а в 15 лет - на 37,6%.

RHEOGRAPHIC ANALYSIS OF MICROCIRCULATION IN CHILDREN WITH VARIOUS MUSCULOSKELETAL SYSTEM CONDITIONS**Martusevich A.K.¹, Mamonova S.B.¹, Dilenyan L.R.^{1,2}**¹Nizhny Novgorod State University named after N.I. Lobachevsky, Nizhny Novgorod, Russia²Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia
cryst-mart@yandex.ru

The **purpose of the study** was to estimate the regional circulation in schoolchildren, taking into account the state of the musculoskeletal system.

Material and methods. A group of children aged 7-15 years with flat feet (n=175) was examined. The second group included 242 healthy schoolchildren of the same age. To assess arterial and venous blood flow in the vessels of the lower extremities (shin-foot) with flat feet, rheovasography of the lower extremities was performed using the "Rheo-spectrum" complex.

Results. The degree of frequency of the dicrotic index (DIA) at 8 years of age with the respiratory component of the spectrum in the feet ($r=0.8$) was revealed. Rheographic index (RI) in children in the absence of pathology has high values at the level of the lower leg from 7-14 years, in the feet at 12-14 years, compared with the norm. In addition, the intensity and speed of blood flow are interrelated in the direction of an increase in 9-10, 12-15 years [$r=0.9$]. With flat feet in children aged 8-10 years, fluctuations in DIA in the direction of increase or decrease are minimal (no more than 20%). Since the age of 11, with flat feet, there has been a tendency to increase DIA, compared with the control group. Higher DIA levels were recorded at the lower leg level at the age of 14 (47%) and at the age of 15 (27.7%). At the age of 12, the pattern of increased DIA is more pronounced: at the age of 12, the parameter exceeds the level of healthy children by 29.7%, and at the age of 15 - by 37.6%.

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ В ОЖГОВОЙ РАНЕ МЕТОДАМИ ЛАЗЕРНОЙ ДОППЛЕРОМЕТРИИ И СВЧ-ДИЭЛЕКТРОМЕТРИИ**Мартусевич А.К.^{1,2}, Назаров В.В.², Бадянова В.С.¹**¹ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный агротехнологический университет им. Л.Я. Флорентьева», Нижний Новгород, Россия²ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», Нижний Новгород, Россия

cryst-mart@yandex.ru

Целью работы служила разработка комбинированного метода оценки структурно-функциональных особенностей ожоговой раны и околораневой зоны, включавшей СВЧ-диэлектрометрию и доплерометрию.

Методы. Исследование выполнено на 20 крысах линии Вистар, которым моделировали контактную термическую травму, и 10 здоровых животных. Оценка состояния раны выполняли через 24 и 72 часа после нанесения травмы. Изучение диэлектрических свойств тканей осуществляли с помощью программно-аппаратного комплекса для ближнепольного резонансного СВЧ-зондирования.

Результаты. В ранний послеожоговый период (1-е сутки) в тканях раны наблюдается резкое согласованное снижение интенсивности микроциркуляции и диэлектрической проницаемости, постепенно и частично восстанавливаемое к завершению 3 суток после нанесения ожога. В околораневой зоне регистрируется компенсаторная активация кровотока, приводящая к увеличению степени гидратации тканей, что проявляется повышением обоих указанных показателей. Кроме того, при термической травме формируется регуляторный дисбаланс факторов, обеспечивающих капиллярный кровоток в зоне ожога и окружающих ее тканях, носящий компенсаторный характер и способствующий угнетению процессов регенерации.

Заключение. Сочетанное применение рассматриваемых методов позволяет полноценно охарактеризовать структурно-функциональные особенности биоткани и их динамику.

COMPLEX ANALYSIS OF MICROCIRCULATION IN BURN WOUND WITH LAZER DOPPLEROMETRY AND MICROWAVE DIELECTROMETRY**Martusevich A.K.^{1,2}, Nazarov V.V.², Badyanova V.S.¹**¹Nizhny Novgorod State Florentyev Agrotechnological University, Nizhny Novgorod, Russia²Nizhny Novgorod State University named after N.I. Lobachevsky, Nizhny Novgorod, Russia
cryst-mart@yandex.ru

The **aim of the work** was to develop a combined method for assessing the structural and functional features of a burn wound and the near-wound zone, including microwave dielectrometry and Dopplerometry.

Methods. The study was performed on 20 Wistar rats, which underwent simulated thermal contact injury, and 10 healthy animals. The wound condition was assessed 24 and 72 hours after the injury. The dielectric properties of the tissues were studied using a hardware and software complex for near-field resonant microwave sensing.

Results. In the early post-burn period (day 1), a sharp coordinated decrease in the intensity of microcirculation and dielectric constant is observed in the wound tissues, which is gradually and partially restored by the end of 3 days after the burn. Compensatory activation of blood flow is recorded in the near-wound zone, leading to an increase in the degree of tissue hydration, which is manifested by an increase in both of these indicators. During thermal injury, a regulatory imbalance of factors is formed that ensure capillary blood flow in the burn area and surrounding tissues, which is compensatory in nature and contributes to the inhibition of regeneration.

Conclusion. Thus, the combined application of the considered methods allows us to fully characterize the structural and functional features of the analyzed tissue and their dynamics.

ВЛИЯНИЕ ХОЛОДНОЙ ГЕЛИЕВОЙ ПЛАЗМЫ НА СОСТОЯНИЕ КОЖНОЙ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КРЫС**Мартусевич А.К.^{1,2}, Назаров В.В.², Суroveгина А.В.¹, Бадянова В.С.¹**¹ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный агротехнологический университет им. Л.Я. Флорентьева», Нижний Новгород, Россия²ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», Нижний Новгород, Россия

cryst-mart@yandex.ru

Целью работы служила оценка реакции микроциркуляции на проведение курса локального воздействия гелиевой холодной плазмы.

Материал и методы. Эксперимент выполнен на 20 здоровых крысах линии Вистар, разделенных на 2 группы. Животным контрольной группы (n=10) проводили однократное измерение показателей микроциркуляции. Крысы основной группы (n=10) получали курс, включающий 5 ежедневных сеансов (по 1 мин.) обработки кожи спины животных потоком гелиевой холодной плазмы. Оценку состояния микроциркуляции осуществляли методом лазерной доплеровской флоуметрии на аппарате "ЛАКК-М".

Результаты. Установлено, что проведение курса обработки гелиевой холодной плазмой способствует умеренному снижению интенсивности микрокровотока (на 14%; $p<0,05$). Кроме того, практически двукратно возрастает участие в регуляции кровотока по сосудам малого диаметра эндотелиального компонента ($p<0,05$). На этом фоне активность второго внутреннего фактора - нейрогенного - остаётся практически неизменной. Напротив, для пассивных, внешних механизмов регуляции состояния микроциркуляции наблюдали угнетение, выраженное в различной степени для отдельных параметров. Так, наиболее стабильным оказался миогенный фактор, амплитуда которого уменьшилась лишь на 20% ($p<0,05$). В то же время дыхательный компонент и вклад пульсовой волны снизились на 40 и 37% соответственно ($p<0,05$ для обоих показателей).

THE EFFECT OF COLD HELIUM PLASMA ON THE STATE OF SKIN MICROCIRCULATION IN RATS**Martusevich A.K.^{1,2}, Nazarov V.V.², Surovegina A.V.¹, Badyanova V.S.¹**¹Nizhny Novgorod State Florentyev Agrotechnological University, Nizhny Novgorod, Russia²Nizhny Novgorod State University named after N.I. Lobachevsky, Nizhny Novgorod, Russia
cryst-mart@yandex.ru

The **aim of the work** was to evaluate the microcirculation response to a course of local exposure to cold helium plasma.

Methods. The experiment was performed on 20 healthy Wistar rats divided into 2 groups. The animals of the control group (n=10) underwent a single measurement of microcirculation parameters. The rats of the main group (n=10) received a course including 5 daily sessions (1 min each) of treating the skin of the animals' backs with a stream of cold helium plasma. The microcirculation state was assessed using laser Doppler flowmetry on a "LACK-M" device.

Results. It was found that the course of treatment with cold helium plasma contributes to a moderate decrease in the intensity of microcirculation (by 14; $p<0.05$). In addition, the involvement of the endothelial component in the regulation of blood flow through small-diameter vessels increases almost twofold ($p<0.05$). Against this background, the activity of the second internal factor, the neurogenic factor, remains almost unchanged. On the contrary, for passive, external mechanisms of regulation of the state of microcirculation, depression was observed, expressed to varying degrees for individual parameters, for example, the myogenic factor turned out to be the most stable, the amplitude of which decreased by only 20% ($p<0.05$ compared with intact animals). At the same time, the respiratory component and the contribution of the pulse wave decreased by 40 and 37%, respectively ($p<0.05$ for both indicators).

ВОЗДЕЙСТВИЕ ТРАНЕКСАМОВОЙ КИСЛОТЫ НА МИКРОСОСУДЫ МОЗГА ПРИ КРОВОПОТЕРЕ И ОХЛАЖДЕНИИ ОРГАНИЗМА**Мельникова Н.Н.**

ФГБУН «Институт физиологии им. И.П. Павлова» РАН, Санкт-Петербург, Россия

melnn@mail.ru

Целью данного исследования было изучение состояния микроциркуляторного русла коры головного мозга при использовании транексамовой кислоты (ТХА) в условиях умеренной кровопотери в процессе охлаждения у крыс.

Методы. Наркотизированные самцы крыс подвергались кровопотере умеренной степени (30% ОЦК), после чего производили инфузию ТХА (10 мг/кг, V=1 мл) или физраствор в контроле и последующее общее охлаждение организма до гипотермической остановки дыхания. С помощью установки прижизненной микроскопии регистрировали изменения диаметра пиальных артериальных сосудов (исходный диаметр 15-30 мкм) в ходе охлаждения.

Результаты. Гипотермическая остановка дыхания происходит в контроле при ректальной температуре (Tr) 12,9⁰С, при введении ТХА при Tr 14,4⁰С. Выявлены статистические различия в диаметре микрососудов при введении физраствора и ТХА после кровопотери и при охлаждении до Tr 25⁰С и ниже.

Заключение. Однократное введение ТХА в дозе 10 мг/кг анестезированным крысам на фоне умеренной кровопотери не показало изменения состояния церебрального микроциркуляторного русла при охлаждении до Tr 25⁰С по сравнению с контролем, однако при глубокой степени охлаждения организма вазоконстрикция была более выражена.

THE IMPACT OF TRANEXAMIC ACID ON BRAIN MICROVASCULATURE DURING BLOOD LOSS AND BODY COOLING**Melnikova N.N.**

I.P.Pavlov Institute of Physiology of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

melnn@mail.ru

The aim of this study was to investigate the state of the microcirculatory bed of the cerebral cortex when using tranexamic acid (TXA) under conditions of moderate blood loss during cooling in rats.

Methods. Anesthetized male rats were subjected to moderate blood loss (30% of total blood volume), after which TXA (10 mg/kg, V=1 ml) or saline in the control group was infused, followed by general body cooling to hypothermic respiratory arrest. Using a microscopy *in vivo*, changes in the diameter of pial arterial vessels (initial diameter 15-30 μ m) were recorded during cooling.

Results. Hypothermic respiratory arrest occurred in the control group at a rectal temperature (Tr) of 12.9⁰С, while in TXA administration occurred at Tr of 14.4⁰С. Statistical differences in the diameter of microvessels were found between saline and TXA administration after blood loss and during cooling to Tr of 25⁰С and below.

Conclusion. A single administration of TXA at a dose of 10 mg/kg to anesthetized rats against the background of moderate blood loss did not reveal changes in the state of cerebral microcirculation during cooling to Tr of 25⁰С compared to the control; however, at a deep degree of body cooling, vasoconstriction was more pronounced.

ОСОБЕННОСТИ РЕГУЛЯЦИИ КОЖНОЙ МИКРОГЕМОДИНАМИКИ ВЕРХНИХ И НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ В ОТВЕТ НА ЛОКАЛЬНЫЙ НАГРЕВ У ПАЦИЕНТОВ С ГИПЕРТОНИЕЙ И САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ 2 ТИПА**Митрошина И.Ю., Дюкина А.Р., Тихонова И.В., Гриневич А.А., Косякова Н.И.* , Танканог А.В.**

Институт биофизики клетки РАН - обособленное подразделение ФГБУН ФИЦ ПНЦБИ РАН, г. Пущино, Россия

* ФГАУЗ Больница Пущинского научного центра РАН, г. Пущино, Россия
xf2@rambler.ru**Цель** - оценить влияние локального нагрева на колебания микрогемодинамики кожи верхних и нижних конечностей у пациентов с гипертонической болезнью (ГБ) и с сахарным диабетом 2 типа (СД2Т).**Методы.** В исследовании принимали участие 43 пациента с СД2Т, 41 пациент с ГБ и 22 условно здоровых добровольца. Для каждого участника методом лазерной доплеровской флоуметрии регистрировали динамику колебаний кожной микроциркуляции правого предплечья и правой стопы при температуре 32 °С (15 мин, покой) и 40 °С (15 мин, локальный нагрев) с последующим спектральным анализом зарегистрированных сигналов.**Результаты.** Для общей спектральной энергии кожного кровотока предплечья локальный нагрев 1) достоверно снижал вклад нейрогенных колебаний во всех группах и эндотелиальных колебаний в контрольной и ГБ группах; 2) достоверно увеличивал вклад сердечных колебаний во всех группах, респираторных колебаний в контрольной и ГБ группах и миогенных колебаний – только в ГБ группе. Для кожного кровотока стопы локальный нагрев увеличивал вклад респираторных и кардио- колебаний, а также снижал вклад нейрогенных колебаний во всех группах.**Заключение.** Полученные результаты расширяют возможности развития эффективных методов ранней неинвазивной диагностики микрососудистых нарушений при гипертонической болезни и сахарном диабете.**CUTANEOUS MICROHEMODYNAMICS REGULATION OF UPPER AND LOWER EXTREMITIES IN RESPONSE TO LOCAL HEATING IN PATIENTS WITH HYPERTENSION AND TYPE 2 DIABETES MELLITUS****Mitroshina I.Yu., Dyukina A.R., Tikhonova I.V., Grinevich A.A., Kosyakova N.I.* , Tankanog A.V.**

Institute of Cell Biophysics of RAS, Pushchino, Russia

*Hospital of Pushchino Scientific Centre of Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia

The aim - to assess the effect of local heating on microhemodynamic oscillations in skin of upper and lower extremities in patients with hypertension (HP) and type 2 diabetes mellitus (T2DM).**Methods.** 43 T2DM patients, 41 HP ones, and 22 healthy volunteers were participated in the study. For each participant the dynamics of skin blood flow oscillations of right forearm and right foot at 32 °C (15 min, rest) and 40 °C (15 min, local heating) were recorded by laser Doppler flowmetry, followed by spectral analysis of the signals.**Results.** For total spectral energy of forearm cutaneous blood flow, local heating 1) significantly reduced the contribution of neurogenic oscillations in all groups and endothelial ones in control and HP groups; 2) significantly increased the contribution of cardiac oscillations in all groups, respiratory oscillations in control and HP groups, and myogenic ones only in HP group. For foot, local heating increased the contribution of respiratory and cardiac oscillations and decreased the contribution of neurogenic ones in all groups.**Conclusion.** The obtained results expand the possibilities of development of effective methods for early noninvasive diagnostics of microvascular disorders in hypertension and diabetes mellitus.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОККЛЮЗИОННОЙ ПРОБЫ У ЛИЦ С АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТОНИЕЙ

Михайлов П.В.¹, Замышляев А.В.², Артеменко Ю.Ю.¹, Муравьев А.В.¹

¹ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского», Ярославль, Россия

²ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России

mpv.yar@yandex.ru

Артериальная гипертония (АГ) сопровождается рядом патологических изменений на всех уровнях системы кровообращения. Полагают, что система микроциркуляции (МЦ) первой вовлекается в патологические процессы, поэтому негативные изменения микрососудов и их реактивности относят к надежным предикторам различных заболеваний. **Цель:** анализ параметров развития постокклюзионной реактивной гиперемии у пациентов с АГ. **Методы.** У лиц с АГ (n=39) были определены показатели МЦ при проведении окклюзионной пробы. Для исследования использовали метод лазерной доплеровской флоуметрии (ЛАЗМА ПФ) Окклюзию создавали путем пережатия на 3 минуты участка плеча манжетой тонометра. **Результаты.** Исходный показатель микрососудистой перфузии у лиц с АГ статистически значимо не различался с данными контроля. В группе АГ максимальное значение перфузии (МП_{макс.}), достигнутое в период развития реактивной постокклюзионной гиперемии, было меньше на 20% (p<0,01), время достижения МП_{макс.} было больше на 46% (p<0,01), а время восстановления перфузии меньше на 42% (p<0,01), чем в контроле. Амплитуда активных факторов модуляции кровотока в группе АГ была снижена на 30-50% (p<0,05), а индекс эффективности микроциркуляции на 44% (p<0,01). **Заключение.** Полученные результаты демонстрируют замедление поток-зависимой вазодилатации и сокращение постокклюзионного гиперемического периода у лиц с АГ по сравнению со здоровыми испытуемыми.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ (грант №25-15-00172)

RESULTS OF THE OCCLUSION TEST IN INDIVIDUALS WITH ARTERIAL HYPERTENSION

Mikhailov P.V.¹, Zamyshlyayev A.V.², Artemenko Yu.Yu.¹, Muravyov A.V.¹

¹Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky, Yaroslavl, Russia

²Yaroslavl State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

mpv.yar@yandex.ru

The aim: to analyze the parameters of post-occlusive reactive hyperemia development in patients with arterial hypertension (AH). **Methods.** Microcirculation indices were determined in individuals with AH (n=39) during an occlusion test. The laser Doppler flowmetry (LASMA PF) method was used for the study. Occlusion was created by clamping a section of the shoulder with a tonometer cuff for 3 minutes. **Results.** The initial microvascular perfusion index in individuals with AH did not differ statistically significantly from the control data. In the AG group, the maximum perfusion value (PV_{max}) achieved during the development of reactive post-occlusive hyperemia was 20% lower (p<0.01), the time to achieve PV_{max} was 46% longer (p<0.01), and the perfusion recovery time was 42% shorter (p<0.01) than in the control. The amplitude of active factors of blood flow modulation in the AG group was reduced by 30-50% (p<0.05), and the microcirculation efficiency index by 44% (p<0.01). **Conclusion.** The obtained results demonstrate a slowdown in flow-dependent vasodilation and a reduction in the post-occlusive hyperemic period in individuals with AG compared to healthy subjects.

The study was carried out with financial support from the RSF (Grant №25-15-00172)

КОРРЕКЦИЯ НАРУШЕНИЯ МИКРОРЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭРИТРОЦИТОВ ДОНОРАМИ ГАЗОТРАНСМИТТЕРОВ И ПРЕКОНДИЦИОНИРОВАНИЕМ С ПОМОЩЬЮ НАПРЯЖЕНИЯ СДВИГА

Муравьев А.В., Замышляев А.В.

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

Известно, что только нарушенные микрореологические характеристики эритроцитов можно восстановить до нормы с помощью воздействия на регуляторные каскады этих клеток.

Для этого в зрелых эритроцитах сохранились мембранные рецепторы, ферменты и ионные каналы. **Целью** работы было исследование коррекции микрореологии эритроцитов донорами газотрансмиттеров (ГТ) и preconditioning эритроцитов механическим стимулированием. **Методика.** Отмытые эритроциты лиц с артериальной гипертонией (группа АГ, $n=16$) инкубировали с донорами ГТ, нитропруссидом натрия (НПН) и гидросульфидом натрия (NaHS). Регистрировали деформируемость (ДЭ) и агрегацию эритроцитов (АЭ) методом проточной микрокамеры. На модели окислительного стресса (H_2O_2 , 100 мкМ) изучали возможность восстановления ДЭ и АЭ с помощью NaHS. На модели preconditioning эритроцитов напряжением сдвига (течение в проточной микрокамере в течение 2 мин, при $\tau = 0,36 \text{ Н/м}^2$) исследовали изменение ДЭ. **Результаты.** ДЭ у лиц с АГ в среднем снижена на 8-10%. Доноры ГТ в *in vitro* опытах повышали ДЭ на 8-11% ($p<0,01$). Высокая АЭ у лиц АГ могла быть снижена до нормы с помощью ГТ. ДЭ при инкубации эритроцитов с H_2O_2 изменилась не существенно, а АЭ возросла на 16%. Этот прирост полностью устранялся при добавлении в среду NaHS. Было установлено, что механическая нагрузка на клетки, приводит к приросту ДЭ на 9% ($p<0,01$). **Заключение.** Полученные данные свидетельствуют, что имеется возможность восстанавливать микрореологические свойства эритроцитов применением активных соединений или preconditioning напряжением сдвига. Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант №25-15-00172).

Ключевые слова: Эритроциты, артериальная гипертония, деформируемость, агрегация, газотрансмиттеры, preconditioning

CORRECTION OF MICRORHEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF RED BLOOD CELLS BY DONORS OF GASOTRANSMITTERS AND PRECONDITIONING USING SHEAR STRESS

Muravyov A.V., Zamyshlyayev A.V.

The aim of the work was to study the red blood cell (RBC) microrheology correction by gasotransmitter (GT) donors and RBC preconditioning by mechanical stimulation. After RBC incubation with GT donors, RBC deformability (DE) and their aggregation (AE) were recorded. The restoration of DE and AE using the NaHS donor was studied using the oxidative stress model. The change in DE was determined by RBC preconditioning with shear stress. It was found that DE in individuals with AG was, on average, reduced by 8-10%. GT donors increased DE by 8-11%. AE in individuals with AG, which was increased by 30%, could be reduced to normal using GT, since SNP and NaHS reduced AE by 36 and 48%, respectively. DE during RBC incubation with H_2O_2 remained virtually unchanged, while AE increased by 16%. This increase was completely eliminated by adding NaHS to the medium. The third model yielded data indicating that mechanical stress on cells leads to an increase in DE by 9% ($p < 0.01$). The data obtained indicate that it is possible to restore the RBC microrheological properties by using active compounds or preconditioning with shear stress.

Key words: RBCs, arterial hypertension, deformability, aggregation, gasotransmitters, preconditioning.

ГЕМОРЕОЛОГИЯ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И НЕРЕШЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Муравьев А.В., Тихомирова И.А., Приезжев А.В., Луговцов А.Е.

¹ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет

им.К.Д. Ушинского», Ярославль, Россия

²ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»;

Россия, 119234 Москва, Ленинские горы, 1

Гемореология – наука изучающая течение и деформацию крови и ее форменных элементов. В системе кровообращения, кровь, обладая уникальной текучестью, обеспечивает решение основных транспортных задач. Целью данной работы был анализ современного состояния гемореологии и рассмотрение нерешенных задач. Известно, что основной, интегральной реологической характеристикой крови является ее вязкость (ВК). В свою очередь ВК зависит от: вязкости плазмы (ВП), гематокрита (Hct), деформируемости (ДЭ), агрегации эритроцитов (АЭ) и скорости и напряжения сдвига. На основе корреляционного и регрессионного анализа показан вклад каждого фактора. Поскольку выявлена высокая зависимость ВК от Hct и ВП, была предложена формула расчета ВК на основе величин Hct и концентрации белка сыворотки крови (формула de Simone, 1990, M. Carlisi et al., 2021). Были получены высокие корреляции между измеренными и расчетными величинами ВК. Поскольку ВК комплексная реологическая характеристика текучести крови, то параметры, указанные выше, могут быть представлены в виде гемореологического профиля пациента. Достижением в исследованиях гемореологии является выявление активного регуляторного изменения микрореологических характеристик форменных элементов крови, особенно эритроцитов их ДЭ и АЭ. Кроме того было установлено, что эритроциты проявляют свойства сенсора локальной гипоксии и в этих условиях выделяют вазоактивные соединения, NO и АТФ, выступая в роли регулятора тонуса сосудов. Основной нерешенной проблемой является отсутствие типовых, стандартизированных приборов для регистрации параметров гемореологического профиля.

Ключевые слова: Гемореология, реологический профиль крови, деформируемость и агрегация эритроцитов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант №25-15-00172).

HEMORRHEOLOGY: CURRENT STATE AND UNRESOLVED PROBLEMS

Muravyov A.V., Tikhomirova I.A., Priezzhev A.V., Lugovtsov A.E.

The aim of this study was to analyze the state of hemorrheology, its achievements and unsolved problems. Blood is a complex viscous fluid exhibiting non-Newtonian behaviour (thixotropy) under shear flow. It was shown that its viscosity (BV) depends on a set of factors that make a certain contribution to its BV, fluidity and transport potential. The microrheological part of the profile is represented by deformability (DE) and erythrocyte aggregation (AE). It was found that mature human erythrocytes retained many elements of signaling pathways and exposure to active compounds changes DE and AE. It was found that erythrocytes secrete vasoactive molecules (NO and ATP) under hypoxia and mechanical stress, thereby regulating tissue oxygenation. The main unsolved problem is the lack of typical, standardized devices for recording hemorrheological profile parameters.

Key words: Hemorrheology, blood rheological profile, deformability and aggregation of erythrocytes.

БЫСТРЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭРИТРОЦИТОВ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ ДИФРАКТОМЕТРИИ**Никитин С. Ю., Цыбров Е. Г., Лебедева М. С.**

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

sergeynikin007@yandex.ru

Цель: оценить возможности лазерной дифрактометрии как метода быстрых измерений геометрических параметров эритроцитов на мазке крови.

Материалы и методы. Мы исследовали 8 образцов крови трех молодых здоровых доноров в возрасте от 20 до 25 лет. Исследования проводили методами микроскопии и лазерной дифрактометрии. Методом микроскопии измеряли на мазках крови средний диаметр эритроцитов D , разброс по размерам (диаметрам) σ_1 , асимметрию формы эритроцитов σ_2 , а также комбинированный параметр σ , учитывающий разброс по размерам и асимметрию формы эритроцитов. На каждом мазке крови измеряли параметры от 500 до 3000 эритроцитов.

Результаты. Значения указанных параметров для всей группы доноров, измеренные методом микроскопии, оказались равными $D = 7.88 \pm 0.02$ мкм, $\sigma_1 = (4.7 \pm 0.2)\%$, $\sigma_2 = (6.4 \pm 0.3)\%$, $\sigma = (6.52 \pm 0.3)\%$. Методом дифрактометрии мы измерили параметры D и σ . При этом погрешность измерения методом дифрактометрии не превысила 2% для параметра D , и 8% для параметра σ .

Заключение. С помощью лазерной дифрактометрии мазка крови можно проводить быстрые измерения среднего диаметра эритроцитов, а также комбинированного параметра, учитывающего разброс по размерам и асимметрию формы эритроцитов.

RAPID MEASUREMENTS OF ERYTHROCYTE GEOMETRICAL PARAMETERS BY LASER DIFFRACTOMETRY**Nikitin S. Yu., Tsybrov E. G., Lebedeva M. S.**M. V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, sergeynikin007@yandex.ru

Aim of the work: to evaluate the possibilities of laser diffractometry as a method for rapid measurements of the geometric parameters of erythrocytes on a blood smear. **Methods.** We examined 8 blood samples from three young healthy donors aged 20 to 25 years. The studies were conducted using microscopy and laser diffractometry. Using microscopy, we measured the average diameter of erythrocytes D , the spread in sizes (diameters) σ_1 , the asymmetry of the shape of erythrocytes σ_2 , and the combined parameter σ , which takes into account the spread in sizes and the asymmetry of the shape of erythrocytes. In each blood smear, we measured the parameters of 500 to 3000 erythrocytes.

Results. The values of the specified parameters for the entire group of donors, measured by microscopy, were equal to $D = 7.88 \pm 0.02$ мкм, $\sigma_1 = (4.7 \pm 0.2)\%$, $\sigma_2 = (6.4 \pm 0.3)\%$, $\sigma = (6.52 \pm 0.3)\%$. We measured the parameters D and σ by diffractometry. The measurement error by diffractometry did not exceed 2% for parameter D , and 8% for parameter σ . **Conclusion:** Laser diffractometry of blood smears can be used to quickly measure the mean diameter of red blood cells, as well as a combined parameter that takes into account the size variation and shape asymmetry of red blood cells.

ДИНАМИКА МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО КРОВотоКА В РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЯХ КОЖИ В ПРОЦЕССЕ ИНТЕРВАЛЬНЫХ ГИПОКСИЧЕСКИХ ТРЕНИРОВОК

Ососков В.С.¹, Федорович А.А.^{1,2}, Королев А.И.¹, Саматова К.С.¹

¹ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины» Минздрава России, Москва, Россия

² ФГБУН ГНЦ РФ «Институт медико-биологических проблем» РАН, Москва, Россия

vip.ososkov11@gmail.com

Цель – изучить динамику микроциркуляторного кровотока в различных областях кожного покрова методом ЛДФ в процессе интервальных гипоксических тренировок.

Материалы и методы. В исследование включены 4 условно здоровых добровольца (25-55 лет), которые последовательно (через 2-3 дня) прошли 4 интервальные гипоксические тренировки на аппарате «OXYTERRA» (Москва, Россия), состоящих из 5 циклов – 5 минут гипоксия (14%-13%-12%-11%), 3 минуты нормоксия (21%). Исследование микроциркуляции в процессе тренировок проводили с помощью 4-х портативных лазерных анализаторов «ЛАЗМА-ПФ», которые были размещены в области лба (справа и слева), правого предплечья и ногтевой фаланги среднего пальца правой кисти.

Результаты. За исключением кожи пальца, уровень тканевой перфузии последовательно возрастал на 5-10% от цикла к циклу на всех уровнях гипоксии. Амплитуда миогенных вазомоций, которые отражают активность высоко чувствительных к концентрации кислорода прекапиллярных сфинктеров, продемонстрировали наибольший прирост амплитуды (50-100%) на 3 и 4 циклах гипоксии при концентрации O₂ во вдыхаемом воздухе 12% и 11%.

Заключение. При интервальных гипоксических тренировках наиболее выраженная реакция со стороны резистивных микрососудов кожи отмечается на 3-4 циклах гипоксии при концентрации O₂ во вдыхаемом воздухе на уровне 12% и 11%.

DYNAMICS OF MICROCIRCULATORY BLOOD FLOW IN VARIOUS AREAS OF THE SKIN DURING INTERVAL HYPOXIC TRAINING

Ososkov V.S.¹, Fedorovich A.A.^{1,2}, Korolev A.I.¹, Samatova K.S.¹

¹ National Medical Research Center for Therapy and Preventive Medicine of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, Russia

² Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

vip.ososkov11@gmail.com

The aim. To study the dynamics of microcirculatory blood flow in various areas of the skin using the LDF method during interval hypoxic training.

Materials and methods. The study included 4 conditionally healthy volunteers (25-55 years old), who successively (2-3 days apart) underwent 4 interval hypoxic training sessions on the OXYTERRA device (Moscow, Russia), consisting of 5 cycles - 5 minutes of hypoxia (14%-13%-12%-11%), 3 minutes of normoxia (21%). The study of microcirculation during training was carried out using 4 portable laser analyzers "LASMA-PF", which were placed in the forehead (right and left), right forearm and nail phalanx of the middle finger of the right hand.

Results. With the exception of the finger skin, the level of tissue perfusion consistently increased by 5-10% from cycle to cycle at all levels of hypoxia. The amplitude of myogenic vasomotions, which reflect the activity of precapillary sphincters highly sensitive to oxygen concentration, demonstrated the greatest increase in amplitude (50-100%) in the 3rd and 4th hypoxia cycles at an O₂ concentration in the inhaled air of 12% and 11%.

Conclusion. During interval hypoxic training, the most pronounced reaction from the resistive microvessels of the skin is noted in the 3rd-4th hypoxia cycles at an O₂ concentration in the inhaled air of 12% and 11%.

РАЗНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОРГАНИЗМА КИСЛОРОДОМ: РОЛЬ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КРОВИ И МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ

Остроумов Р.С.

ФГКВОУ ВО «Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны»

Введение. Анализ эффективности транспорта и доставки кислорода в ткани организма проводится на основе концепции объемного кровотока. Последний определяется комплексом гемодинамических характеристик, параметров сосудистой геометрии и реологическими свойствами крови.

Целью исследования было изучение роли реологических свойств крови и микроциркуляции у лиц с разной эффективностью метаболизма кислорода.

Методы. У лиц трех групп, разделенных по величине максимального потребления кислорода (МПК) регистрировали параметры гемореологического профиля, включая вязкость крови (ВК), плазмы (ВП), суспензии эритроцитов, Hct, деформируемость и агрегацию эритроцитов. Регистрировали методом лазерной флоуметрии (ЛДФ) комплекс характеристик микроциркуляции.

Результаты. Было найдено, что ВК снижена ($p < 0,05$) в группах 2 и, особенно, в группе 3 (у лиц с самым высоким МПК) по сравнению лицами группы 1 (группа сравнения). Величина обратная ВК, текучесть крови положительно коррелировала с эффективностью O_2 -транспорта и МПК ($r = 0,71$, $p < 0,01$). При измерении базального кровотока методом ЛДФ были зафиксированы достоверные различия между группами интегрального показателя микрососудистой перфузии между группой 2 и контролем (группа 1) на 18% ($p < 0,05$), а с лицами группы 3 на 40% ($p < 0,01$).

Заключение. Результаты исследования показали, что более высокий уровень обеспечения организма кислородом сочетается со снижением ВК, и, следовательно, приростом текучести крови и ее кислородтранспортного потенциала, а также более эффективной микрососудистой перфузией тканей.

VARIOUS OXYGEN SUPPLY TO THE ORGANISM: THE ROLE OF RHEOLOGICAL PROPERTIES OF BLOOD AND MICROCIRCULATION

Ostroumov R.S.

Yaroslavl Higher Military School of Air Defense, Yaroslavl, Russia

Introduction. The efficiency of oxygen transport in the body is analyzed based on the volumetric blood flow concept. It is determined by a set of hemodynamic characteristics, vascular geometry, and rheological properties of blood. **The aim** of the study was to investigate the role of blood rheological properties and microcirculation in individuals with different oxygen metabolism efficiency. **Methods.** The hemorheological profile, including blood viscosity (BV), plasma viscosity (PV), Hct, erythrocyte deformability, and aggregation, was recorded in individuals from three groups divided by VO_{2max} . Microcirculation characteristics were assessed using laser flowmetry (LDF). **Results.** BV was found to be reduced in groups 2 and especially in groups 3 in individuals with the highest VO_{2max} ($p < 0.05$) compared to individuals from group 1 (comparison group). The inverse of BV, blood fluidity, positively correlated with the efficiency of O_2 transport and VO_{2max} ($r = 0.71$, $p < 0.01$). The LDF method recorded reliable differences between the groups of the microvascular perfusion index between group 2 and the control (group 1) - 18% ($p < 0.05$), and with individuals of group 3 - 40% ($p < 0.01$). **Conclusion.** The results of the study showed that a higher level of oxygen supply to the body is combined with a decrease in blood viscosity and, consequently, an increase in blood fluidity and its oxygen transport potential, as well as more effective microvascular tissue perfusion.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ОККЛЮЗИОННОЙ ПРОБЫ У ЛИЦ С РАЗНЫМ АЭРОБНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ**Остроумов Р.С.¹, Михайлов П.В.², Артеменко Ю.Ю.², Муравьев А.В.²**¹ ФГКВОВОУ «Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны», Ярославль, Россия² ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского», Ярославль, Россияmasterromario@mail.ru

Цель: сравнение параметров развития постокклюзионной гиперемии у лиц с разной величиной максимального потребления кислорода (МПК). **Методы.** В исследовании приняли участие мужчины-добровольцы в возрасте 20-30 лет. МПК определяли с использованием прямого газоанализа и на основе его величины были сформированы три группы наблюдения: группа 1 – 30-40 мл/мин./кг, группа 2 – 41-50 мл/мин./кг и группа 3 – 51-60 мл/мин./кг. Параметры МЦ определяли методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) на портативном анализаторе «ЛАЗМА ПФ». Окклюзионная проба включала запись ЛДФ-граммы в течение 9 минут: 3 мин. – покой, 3 мин. – окклюзия, 3 мин. – восстановление. **Результаты.** Величина перфузии в покое была меньше в группе 1 ($p < 0,01$). Минимальное время достижения пиковых значений перфузии в период реактивной постокклюзионной гиперемии, а также наибольший резерв капиллярного кровотока были зарегистрированы в группе 1 ($p < 0,05$). Индекс эффективности МЦ, рассчитанный на основе данных амплитудно-частотного спектра, был выше в группе 3. **Заключение.** У лиц с большей величиной МПК постокклюзионная реактивная гиперемия была менее выражена. Полученные данные могут быть связаны с проявлением экономизации срочных реакций и менее генерализованном ответе на локальную функциональную нагрузку у лиц с более высоким МПК.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФ (грант №25-15-00172)

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RESULTS OF THE OCCLUSION TEST IN INDIVIDUALS WITH DIFFERENT AEROBIC POTENTIAL**Ostroumov R.S.¹, Mikhailov P.V.², Artemenko Yu.Yu.², Muravyov A.V.²**¹ Yaroslavl Higher Military School of Air Defense, Yaroslavl, Russia² Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky, Yaroslavl, Russiamasterromario@mail.ru

The aim: to compare the parameters of postocclusive hyperemia development in individuals with different level of maximum oxygen consumption VO₂max values. **Methods.** VO₂max was determined using direct gas analysis and three observation groups were formed based on its value: group 1 - 30-40 ml/min./kg, group 2 - 41-50 ml/min./kg and group 3 - 51-60 ml/min./kg. MC parameters were determined by laser Doppler flowmetry (LDF) on a portable analyzer "LAZMA PF". The occlusion test included recording an LDFgram for 9 minutes: 3 min. - rest, 3 min. - occlusion, 3 min. - recovery. **Results.** The perfusion value at rest was lower in group 1 ($p < 0.01$). The minimum time to reach peak perfusion values during reactive post-occlusion hyperemia, as well as the largest capillary blood flow reserve were recorded in group 1 ($p < 0.05$). The MC efficiency index calculated on the basis of the amplitude-frequency spectrum data was higher in group 3. **Conclusion.** In individuals with a higher MPC value, post-occlusion reactive hyperemia was less pronounced. The obtained data may be associated with the manifestation of economization of urgent reactions and a less generalized response to local functional load in individuals with a higher VO₂max.

The study was carried out with financial support from the RSF (Grant №25-15-00172)

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РЕНТГЕНОКОНТРАСТНЫХ И МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНЫХ АГЕНТОВ ДЛЯ ОПТИЧЕСКОГО ПРОСВЕТЛЕНИЯ КОЖИ НОГТЕВОГО ЛОЖА

П.А. Мольдон¹, М.К. Максимов¹, Ю.И. Сурков², А.Е. Луговцов¹, П.А. Тимошина², А.В. Приезжев¹

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

²Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Саратов, Россия

moldon.pavel@gmail.com

Целью данного исследования было изучение возможности применения магнитно – резонансных (МР) и рентгеноконтрастных (РК) агентов для улучшения визуализации области ногтевого ложа пальца руки человека при капилляроскопии *in vivo* с помощью метода оптического просветления (ОП).

Методы. Эффективность ОП ткани ногтевого ложа после нанесения МР-агентов (гадовист, магневист) и РК-агентов (аккупак, визипак) оценивалась методом оптической когерентной томографии по изменению коэффициента экстинкции света при его прохождении через ткань. Каждое вещество наносилось на поверхность ногтевого ложа шести здоровых добровольцев в 2 мм от эпонихия.

Результаты. Все исследуемые агенты снижали коэффициент экстинкции ткани ногтевого ложа, что подтверждает эффективность их использования для ОП. Наибольший эффект наблюдался на глубине 0–50 мкм при использовании РК – агента визипак совместно с вспомогательными веществами (диметилсульфоксид, пропиленгликоль). Для данного диапазона глубин наблюдалось снижение коэффициента экстинкции на $30\pm 11\%$. Предполагается, что просветление связано с дегидратацией ткани, что увеличивает глубину проникновения света. *Поддержано грантом Российского Научного Фонда № 23-45-00027.

Заключение. МР и РК агенты могут быть эффективны для ОП ногтевого ложа и перспективны для исследований капилляров методом цифровой капилляроскопии.

POSSIBILITY OF USING RADIOPAQUE AND MAGNETIC RESONANCE AGENTS FOR OPTICAL CLEARING OF THE FINGER NAIL BED SKIN

P.A. Moldon¹, M.K. Maksimov¹, Yu.I. Surkov², A.E. Lugovtsov¹, P.A. Timoshina², A.V. Priezzhev¹

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

²Saratov National Research State University, Saratov, Russia

moldon.pavel@gmail.com

The aim of this study was to investigate the potential use of magnetic resonance (MR) and radiopaque contrast (RP) agents to improve visualization of the human nail bed for capillaroscopy *in vivo* using the optical clearing method (OC).

Methods. The efficacy of OC after application of MR agents (gadovist, magnevist) and RP agents (accupaque, visipaque) was assessed by optical coherence tomography through changes in the light extinction coefficient as they penetrated into the tissue. Each agent was applied onto the nail bed surface of six healthy volunteers, 2 mm from the eponychium.

Results. All tested agents reduced the extinction coefficient of the nail bed tissue, confirming their effectiveness for optical clearing. The highest OC effect was observed at depths of 0–50 μm when using the RP agent visipaque combined with auxiliary substances (dimethyl sulfoxide). For this depth range, a decrease in the extinction coefficient of $30\pm 11\%$ was observed. The effect is presumably associated with tissue dehydration, increasing light penetration depth.

Conclusion. MR and RP agents may be effective for OC of nail bed and hold promise for capillary studies using digital capillaroscopy.

НИВЕЛИРОВАНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА МОЛЕКУЛЯРНЫМ ВОДОРОДОМ В ПОСТТРАВМАТИЧЕСКОМ ПЕРИОДЕ ЧЕРЕПНО-МОЗГОВОЙ ТРАВМЫ

Полозова А.В.¹, Алексеева М.И.¹, Таранникова Е.А.¹, Дерюгина А.В.¹

¹ ФГАОУ ВО «ННГУ им. Н.И. Лобачевского», Нижний Новгород, Россия

p0lozovaav@yandex.ru

Целью было исследование окислительных процессов в посттравматический период закрытой черепно-мозговой травмы (ЧМТ) у крыс при действии молекулярного водорода.

Методы. Определяли уровень активных форм кислорода (АФК), активность каталазы и уровень веществ низкой и средней молекулярной массы (ВНиСММ) в крови крыс при моделировании ЧМТ на 1, 3, 7 и 14 сутки посттравматического периода. Через час после моделирования ЧМТ животных опытной группы ингалировали 2% газо-водородной смесью по 40 минут в течение 10 дней.

Результаты: Посттравматический период ЧМТ характеризовался значительным увеличением АФК и ВНиСММ на протяжении всего исследования. Ингаляции 2% газо-водородной смесью приводили к снижению уровня АФК и ВНиСММ на 10 - 15% на этапах исследования на фоне увеличения активности каталазы в 2 раза с 3 суток после травмы.

Заключение: Молекулярный водород индуцирует повышение активности каталазы, что значительно ослабляет развитие окислительного стресса и эндогенной интоксикации в посттравматический период, что ингибирует развитие вторичных повреждение при ЧМТ.

REDUCTION OF OXIDATIVE STRESS BY MOLECULAR HYDROGEN IN THE POST-TRAUMATIC PERIOD OF TRAUMATIC BRAIN INJURY

Polozova A.V.¹, Alekseeva M.I.¹, Tarannikova E.A.¹, Deryugina A.V.¹

¹ Lobachevsky University, Nizhny Novgorod, Russia

p0lozovaav@yandex.ru

The aim of the study was to study oxidative processes in the post-traumatic period of closed-traumatic brain injury in rats under the influence of molecular hydrogen.

Methods: The levels of reactive oxygen species (ROS), catalase activity, and low- and medium-molecular weight substances (LMMWS) were measured in the blood of rats (TBI) on days 1, 3, 7, and 14 following TBI. One hour after the traumatic brain injury (TBI) simulation, the experimental group animals were exposed to a 2% hydrogen gas mixture inhalation for 40 minutes, for a period of 10 days.

Results: The post-traumatic period of TBI was characterized by a significant increase in ROS and LMMWS throughout the study. Inhalation with a 2% hydrogen-gas mixture led to a decrease in the level of ROS and LMMWS by 10-15% at the study stages against the background of a 2-fold increase in catalase activity from 3 days after injury.

Conclusion: Molecular hydrogen induces an increase in catalase activity, significantly reducing the development of oxidative stress and endogenous intoxication in the post-traumatic period. This inhibits the development of secondary damage after TBI.

ПОКАЗАТЕЛИ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ФИБРИНОЛИЗА И СОСУДИСТОЙ СТЕНКИ В КРОВИ НОВОРОЖДЕННЫХ, РОДИВШИХСЯ У МАТЕРЕЙ С ПРЕЭКЛАМПСИЕЙ

Попова И.Г., Назаров С.Б., Кузьменко Г.Н., Клычева М.М., Харламова Н.В.

ФГБУ «Ивановский научно-исследовательский институт материнства и детства имени В.Н. Городкова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; Иваново, Россия,
i_g_popova@mail.ru

Целью данного исследования был оценить показатели состояния системы фибринолиза и сосудистой стенки в крови новорожденных, родившихся у матерей с преэклампсией, для прогнозирования риска тромботических и геморрагических осложнений у этих детей.

Методы. Обследовано 60 новорожденных, родившихся у матерей преэклампсией. Контрольную группу составили 30 новорожденных от матерей без преэклампсии. Исследовалась венозная кровь, взятая у новорожденных на 3-5 сутки жизни. В крови определяли уровень тканевого активатора плазминогена (t-па), ингибитора тканевого активатора плазминогена (PAI-1) и тромбомодулина.

Результаты. Выявлено, что у новорожденных от матерей с преэклампсией на 3-5 сутки жизни отмечаются признаки повреждения эндотелия и снижение фибринолитической активности крови, на что указывает снижение содержания t-па, повышение PAI-1 и тромбомодулина в крови.

Заключение. Полученные данные свидетельствуют о риске развития тромбообразования у этих детей.

FEATURES OF SOME MARKERS OF FIBRINOLYSIS IN NEWBORNS FROM MOTHERS WITH PREECLAMPSIA

Popova I.G., Nazarov S.B., Kuzmenko G.N., Klycheva M.M., Kharlamova N.V.

Ivanovo Research Institute of Maternity and Childhood. V.N. Gorodkova, Ivanovo, Russia
i_g_popova@mail.ru

The aim of this study was to evaluate the parameters of the fibrinolysis system and vascular wall in the blood of newborns born to mothers with preeclampsia in order to predict the risk of thrombotic and hemorrhagic complications in these children.

Methods. 60 newborns born to mothers with preeclampsia were examined. The control group consisted of 30 newborns from mothers without preeclampsia. Venous blood taken from newborns on 3-5 days of life was examined. The blood levels of tissue plasminogen activator (t-pa), tissue plasminogen activator inhibitor (PAI-1), and thrombomodulin were determined.

Results. It was revealed that newborns from mothers with preeclampsia on 3-5 days of life show signs of endothelial damage and a decrease in blood fibrinolytic activity, as indicated by a decrease in t-pa content, an increase in PAI-1 and thrombomodulin in the blood.

Conclusion. The data obtained indicate the risk of thrombosis in these children.

НЕКОТОРЫЕ ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ КЛЕТОК КРОВИ

Поповичева А.Н., Мартусевич А.К.

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», Нижний Новгород, Россия
alexandra.popovichus@yandex.ru

Цель исследования - изучить возрастные особенности функциональных свойств клеток крови человека в норме.

Материалы и методы. Использовали кровь практически здоровых людей обоих полов следующих возрастных групп: 30 человек – до 7 лет, 34 человека – 7-11 лет, 32 человека – 12-17 лет, 36 человек – 18-25 лет. Изучали реологические свойства крови (деформируемость, агрегацию, disaggregation эритроцитов) и функциональные свойства тромбоцитов (активацию и агрегацию).

Результаты. Онтогенез здоровых людей характеризуется тенденцией к возрастанию агрегации эритроцитов. Аналогичным образом изменяются активация и агрегация тромбоцитов. Также отмечены разнонаправленные изменения disaggregation эритроцитов и тенденция к снижению их деформируемости. Увеличение хронологического возраста у пациентов с воспалением сопровождается увеличением деформируемости эритроцитов, снижением их агрегации и функциональных свойств тромбоцитов, однако по сравнению с показателями здоровых людей отмечаются выраженные нарушения гемореологии и тромбоцитарного гемостаза.

Заключение. В процессе онтогенеза имеет место модификация реологических свойств крови (увеличение агрегации эритроцитов, изменение их disaggregation и снижение деформируемости) и функциональных свойств тромбоцитов (усиление активации и агрегации).

SOME AGE-RELATED FEATURES OF THE FUNCTIONAL PROPERTIES OF BLOOD CELLS

Popovichova A.N., Martusevich A.K.

Nizhny Novgorod State University named after N.I. Lobachevsky, Nizhny Novgorod, Russia
alexandra.popovichus@yandex.ru

The **aim of the study** is to study the age-related features of the functional properties of human blood cells in normal conditions.

Material and methods. The blood of healthy people of both sexes was used in the following age groups: 30 people under 7 years old, 34 people 7-11 years old, 32 people 12-17 years old, 36 people 18-25 years old. Rheological properties of blood (deformability, aggregation, and disaggregation of erythrocytes) and functional properties of platelets (activation and aggregation) were studied.

Results. The ontogenesis of healthy people is characterized by a tendency to increase the aggregation of red blood cells. Platelet activation and aggregation change in a similar way. There are also multidirectional changes in the disaggregation of red blood cells and a tendency to decrease their deformability. An increase in chronological age in patients with inflammation is accompanied by an increase in the deformability of red blood cells, a decrease in their aggregation and functional properties of platelets, however, compared with healthy people, there are marked violations of hemorheology and platelet hemostasis.

Conclusion. In the process of ontogenesis, there is a modification of the rheological properties of blood (an increase in the aggregation of red blood cells, a change in their disaggregation and a decrease in deformability) and the functional properties of platelets (increased activation and aggregation).

ВОЗМОЖНОСТИ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ АГРЕГАЦИИ ЭРИТРОЦИТОВ В МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОМ РУСЛЕ МЕТОДОМ ОПТИЧЕСКОЙ КАПИЛЛЯРОСКОПИИ

Приезжев А.В.¹, Гурфинкель Ю.И.², Мольдон П.А.¹, Дячук Л.И.², Луговцов А.Е.¹

¹Физический факультет и ²Медицинский научно-образовательный институт

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

avp@biomedphotonics.ru

Целью данного исследования была разработка средств для количественной оценки *in vivo* степени агрегации эритроцитов в микроциркуляторном русле методом оптической капилляроскопии, что особенно актуально для пациентов, страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями, с целью неинвазивного выявления диагностически значимых маркеров.

Методы. Количественная оценка степени агрегации эритроцитов в капиллярах ногтевого ложа проводилась с помощью оптической капилляроскопии и, для сравнения, в образцах цельной крови методом лазерной диффузной агрегометрии рассеяния.

Результаты. Результаты исследования показали наличие агрегатов эритроцитов в капиллярах ногтевого ложа у пациентов, страдающих гипертонией, ишемической болезнью сердца и ФП, по сравнению со здоровыми людьми, у которых, как правило, агрегатов в капиллярах нет. Количество агрегатов в капиллярах ногтевого ложа коррелировало с повышенной агрегацией эритроцитов, характеризуемой индексом агрегации, и измеренной *in vitro* в образцах цельной крови.

Заключение. Полученные результаты открывают новые возможности для ранней неинвазивной *in vivo* оценки агрегационной способности и микрореологических изменений эритроцитов, которые происходят у пациентов, страдающих многими социально значимыми заболеваниями.

Благодарности: Выполнено при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 25-15-00172.

POSSIBILITIES OF ASSESSING THE DEGREE OF ERYTHROCYTE AGGREGATION IN THE MICROCIRCULATION BED BY OPTICAL CAPILLAROSCOPY

Priezzhev A.V.¹, Gurfinkel Yu.I.², Moldon P.A.¹, Dyachuk L.I.², Lugovtsov A.E.¹

¹Physics Department and ²Medical Research and Educational Institute, M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

avp@biomedphotonics.ru

The **aim** of this study was to develop means for *in vivo* quantitative assessment of the degree of erythrocyte aggregation in the microcirculation bed by optical capillaroscopy, which is particularly important for patients suffering from cardiovascular diseases, with the goal of *in vivo* identifying diagnostically significant markers using machine learning methods.

Methods. Quantitative assessment of erythrocyte aggregation parameters in nail-bed capillaries was performed using optical capillaroscopy and, for comparison, in whole blood samples by laser diffuse scattering aggregometry.

Results. The results of the study showed the presence of erythrocyte aggregates in nail-bed capillaries of patients suffering from hypertension, coronary artery disease, and AF compared to healthy people who do not have erythrocyte aggregates in their capillaries. The number of aggregates in nail bed capillaries correlated with increased erythrocyte aggregation, characterized by the aggregation index, and measured *in vitro* in whole blood samples.

Conclusion. These results open up new opportunities for early non-invasive *in vivo* assessment of the aggregation capacity and erythrocyte microrheologic alterations, which happen in patients suffering from many socially important diseases.

СРОДСТВО ГЕМОГЛОБИНА К КИСЛОРОДУ ПРИ ПЕРВИЧНОЙ ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМЕ

Романчук В.В.,¹ Зинчук В.В.,¹ Семянович Т.В.,² Адаменя В.Н.²

¹УО «Гродненский государственный медицинский университет», Гродно, Беларусь

²УЗ «Гродненская университетская клиника», Гродно, Беларусь

vita8w8@mail.ru

Цель. Оценить сродство гемоглобина к кислороду при первичной открытоугольной глаукоме.

Материалы и методы. Объектом исследования были 130 пациентов, из них 100 человек с диагнозом первичная открытоугольная глаукома (ПОУГ) I-IV стадий на одном или обоих глазах и 30 относительно здоровых человек без глаукомы. Сродство гемоглобина к кислороду определяли по показателю $p50$ при стандартных условиях ($p50_{\text{станд}}$), а затем рассчитывали $p50$ при реальных условиях ($p50_{\text{реал}}$). На основании полученных значений $p50$ по уравнению Хилла осуществляли построение положения кривой диссоциации оксигемоглобина (КДО).

Результаты. В нашем исследовании выявлено снижение показателя сродства гемоглобина к кислороду $p50_{\text{реал}}$ у лиц, страдающих глаукомой в сравнении со здоровыми, а также снижение значения $p50_{\text{станд}}$. Отмечается сдвиг КДО влево, свидетельствуя об увеличении сродства гемоглобина к кислороду, что в свою очередь ведет к снижению диссоциации оксигемоглобина и затруднению высвобождения кислорода и его доставки к тканям.

Выводы. На основании проведенного исследования установлен характер изменений показателей сродства гемоглобина к кислороду, проявляющихся в снижении показателей $p50_{\text{реал}}$ и $p50_{\text{станд}}$ у лиц, страдающих ПОУГ. Выявленные изменения данных свойств крови могут участвовать в патогенезе заболевания через эндотелийзависимые механизмы.

Данная работа выполнена в рамках гранта БРФФИ № M24-083.

HEMOGLOBIN-OXYGEN AFFINITY IN PRIMARY OPEN-ANGLE GLAUCOMA

Romanchuk V.V.,¹ Zinchuk V.V.,¹ Semyanovich T.V.,² Adamenya V.N.²

¹Grodno State Medical University, Grodno, Belarus

²Grodno University Clinic, Grodno, Belarus

Objective. To evaluate the affinity of hemoglobin to oxygen in primary open-angle glaucoma.

Materials and methods. The study included 130 patients, including 100 people with primary open-angle glaucoma (POAG) stages I-IV in one or both eyes and 30 relatively healthy people without glaucoma. The hemoglobin-oxygen affinity was determined by the $p50$ index under standard conditions ($p50_{\text{std}}$), and then $p50$ was calculated under real conditions ($p50_{\text{real}}$). Based on the obtained $p50$ values, the position of the oxyhemoglobin dissociation curve (ODC) was plotted using the Hill equation.

Results. Our study revealed a decrease in the hemoglobin oxygen affinity index $p50_{\text{real}}$ in individuals suffering from glaucoma compared to healthy individuals, as well as a decrease in the $p50_{\text{std}}$ value. A shift of ODC to the left is noted, indicating an increase in the affinity of hemoglobin to oxygen, which in turn leads to a decrease in the dissociation of oxyhemoglobin and difficulty in the release of oxygen and its delivery to tissues.

Conclusions. Based on the conducted study, the nature of changes in hemoglobin-oxygen affinity indicators was established, manifested in a decrease in the $p50_{\text{real}}$ and $p50_{\text{standard}}$ indicators in individuals suffering from POAG. The identified changes in these blood properties may participate in the pathogenesis of the disease through endothelium-dependent mechanisms.

The research was performed using funds from the BRFFR grant № M24-083

ИЗМЕНЕНИЯ КОЖНОЙ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ И СОСУДИСТОЙ РЕАКТИВНОСТИ У ПАЦИЕНТОВ С ПЕРВИЧНЫМ ГИПОТИРЕОЗОМ**Рыжкова Е.Г.^{1,2}, Моргунова Т.Б.¹, Рыжков И.А.³, Фадеев В.В.¹**¹Сеченовский Университет, Москва, Россия²АО «Ильинская больница», Красногорск, Россия³ФНКЦ РР, Москва, Россия e.g.ryzhkova@bk.ru

Цель. Выявить потенциальные диагностические маркеры нарушения микроциркуляции у пациентов с первичным гипотиреозом и оценить зависимость этих нарушений от тяжести гипотиреоза. **Материалы и методы.** У 50 здоровых добровольцев, 14 пациентов с явным гипотиреозом и 37 пациентов с субклиническим гипотиреозом оценивали лабораторные параметры, а также кожный кровоток методом ЛДФ на тыльной стороне предплечья в состоянии функционального покоя (M , 4 минуты), во время локального охлаждения до 10°C ($M_{10^{\circ}\text{C}}$, 1 минута), локального нагревания до 35°C ($M_{35^{\circ}\text{C}}$, 4 минуты) и до 42°C ($M_{42^{\circ}\text{C}}$, 4 минуты). **Результаты.** M , $M_{10^{\circ}\text{C}}$, $M_{35^{\circ}\text{C}}$ не различались в исследуемых группах. $M_{42^{\circ}\text{C}}$ был ниже у пациентов с явным гипотиреозом по сравнению со здоровыми участниками ($p=0,015$). При гипотиреозе выявлены гиперхолестеринемия и повышение IL-6 в сравнении со здоровыми ($p<0,001$ и $p<0,05$ соответственно). При явном гипотиреозе была снижена средняя концентрация гемоглобина в эритроцитах (MCHC) и увеличена ширина распределения эритроцитов по объёму (RDW) по сравнению со здоровыми ($p=0,039$ и $p=0,026$ соответственно). **Заключение.** При явном гипотиреозе выявлено уменьшением пиковой гиперемии при локальном нагревании до 42°C (но не до 35°C) в сочетании с гиперхолестеринемией, гипертриглицеридемией, снижением MCHC, увеличением RDW и уровня IL-6.

ALTERATIONS IN SKIN MICROCIRCULATION AND VASCULAR REACTIVITY IN PRIMARY HYPOTHYROIDISM**E.G. Ryzhkova^{1,2}, T.B. Morgunova¹, I.A. Ryzhkov³, V.V. Fadeyev¹**¹Sechenov University, Moscow, Russia²Iyinskaya Hospital, Krasnogorsk, Russia³FNKC RR, Moscow, Russia e.g.ryzhkova@bk.ru

The aim is to identify potential diagnostic markers of microcirculation impairment in primary hypothyroidism and evaluate their relationship with hypothyroidism severity.

Materials and methods. A cross-sectional study included 50 healthy volunteers (HV), 14 patients with overt hypothyroidism (OH), and 37 patients with subclinical hypothyroidism (SH).

Skin perfusion was assessed by laser Doppler flowmetry on the dorsal forearm at rest (M , 4 min), during local cooling to 10°C ($M_{10^{\circ}\text{C}}$, 1 min), during local heating to 35°C ($M_{35^{\circ}\text{C}}$, 4 min), and during local heating to 42°C ($M_{42^{\circ}\text{C}}$, 4 min). Laboratory parameters were evaluated.

Results. There were no differences among the studied groups for M , $M_{10^{\circ}\text{C}}$ or $M_{35^{\circ}\text{C}}$. $M_{42^{\circ}\text{C}}$ was decreased in OH compared to HV ($p=0.015$). Patients with hypothyroidism had higher cholesterol and IL-6 levels compared to HV ($p<0.001$ and $p<0.05$, respectively). Patients with OH had decreased mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC) and cell distribution width (RDW) compared to HV ($p=0.039$ and $p=0.026$, respectively).

Conclusion. In overt hypothyroidism, a decrease in peak hyperemia was found with local heating at 42°C (but not at 35°C), in combination with hypercholesterolemia, hypertriglyceridemia, decreased MCHC, and increased RDW and IL-6 levels.

ОСОБЕННОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КРОВИ И ФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ У ПАЦИЕНТОВ СО ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫМИ ОПУХОЛЯМИ РАЗЛИЧНОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ

Рябов М.М.¹, Ларичев А.Б.¹, Лемехова В.А.²

¹ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России, Ярославль, Россия

²ГБУЗ ЯО «Областная клиническая онкологическая больница», Ярославль, Россия

mihail_ryabov@mail.ru

Целью данного исследования было изучение влияния опухолевого процесса и его диссеминации на показатели микроциркуляции крови и окислительного метаболизма у больных опухолями различной локализации.

Методы. Пациентам с операбельными и диссеминированными опухолями выполняли лазерную доплеровскую флоуметрию (ЛДФ) с помощью портативного анализатора «ЛАЗМА ПФ».

Результаты. У пациентов с операбельными колоректальными неоплазиями и опухолями ЛОР-органов по сравнению с группой контроля отмечено статистически значимое уменьшение перфузии на 23% и 17% соответственно ($p < 0,05$); коэффициента вариации колебаний кровотока на 20% и 39,7% соответственно ($p < 0,05$); показателя окислительного метаболизма (ПОМ) на 43% и 28,5% соответственно ($p < 0,05$). При диссеминации опухолей перечисленные показатели имели еще более выраженную отрицательную динамику.

Заключение. ЛДФ позволила выявить у пациентов с неоплазиями увеличение тонуса резистивных сосудов, снижение нутритивного кровотока и ПОМ в тканях. Сравнительный анализ позволил выявить общность влияний злокачественного процесса на микроциркуляцию крови и кислородный обмен.

FEATURES OF BLOOD MICROCIRCULATION AND FLUORESCENCE SPECTROSCOPY IN PATIENTS WITH MALIGNANT TUMORS OF VARIOUS LOCATIONS

Ryabov M.M.¹, Larichev A.B.¹, Lemekhova V.A.²

¹Yaroslavl State Medical University, Yaroslavl, Russia

²Regional Clinical Oncological Hospital, Yaroslavl, Russia

mihail_ryabov@mail.ru

The aim of this study was to study the effect of the tumor process and its dissemination on the indicators of blood microcirculation and oxidative metabolism in patients with tumors of various localization.

Methods. Patients with operable and disseminated tumors underwent laser Doppler flowmetry (LDF) using a portable LAZMA PF analyzer.

Results. In patients with operable colorectal neoplasms and ENT tumors, compared with the control group, a statistically significant decrease in perfusion was observed by 23% and 17%, respectively ($p < 0.05$); coefficient of variation of blood flow by 20% and 39.7%, respectively ($p < 0.05$); an oxidative metabolism score (OMS) of 43% and 28.5%, respectively ($p < 0.05$). With dissemination of tumors, these indicators had an even more pronounced negative dynamics.

Conclusion. LDF revealed an increase in the tone of resistive vessels, a decrease in nutritional blood flow and OMS in tissues in patients with neoplasia. A comparative analysis of these changes revealed a commonality of the effects of the malignant process on blood microcirculation and oxygen metabolism.

**ДОППЛЕРОГРАФИЯ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО РУСЛА
В РАННЕЙ ДИАГНОСТИКЕ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ СЕРДЦА****Ряполова О.А., Азнаурова О.В., Богач Е.Н.**ГБУЗ МО «Санаторий Пушкино», г.Пушкино, Московская область, Россия,
141211, Московская область, г.Пушкино, Красноармейское шоссе 28Аalin688@yandex.ru

Целью данного исследования была ранняя диагностика ишемической болезни сердца и выявление факторов риска данного заболевания.

Методы. Мы провели исследование 24 пациентам без выраженных клинических проявлений ишемической болезни сердца. В нашей работе использовались такие методы функциональной диагностики, как сфигмография, дуплексное сканирование брахиоцефальных артерий и артерий нижних конечностей, ультразвуковое исследование микроциркуляторного русла, эхокардиография. При изучении функции эндотелия обязательно исследовали микроциркуляцию кисти на аппарате Минимакс доплер К.

Результаты. У 10 пациентов было выявлено нарушение почти всех показателей жесткости и сосудодвигательной функции артерий. У 6 из них обнаружены атеросклеротические бляшки в брахиоцефальных и бедренных артериях, и при проведении данным пациентам нагрузочной пробы в 2 случаях получили положительный.

Заключение. Было установлено, что доплерография дистального кровотока является чувствительным и точным методом изучения функции эндотелия и может быть использована как метод экспресс-диагностики при выявлении факторов риска ишемической болезни сердца, а в сочетании с другими методами исследования для ранней диагностики этого заболевания.

**DOPPLEROGRAPHY OF THE MICROCIRCULATORY BED IN EARLY DIAGNOSIS OF
ISCHEMIC HEART DISEASE****Ryapolova O.A., Aznaurova O.V., Bogach E.N.**State Healthcare Institution of the Moscow Region "Pushkino Sanatorium", Pushkino, Moscow
Region, Russia, 141211, Moscow Region, Pushkino, Krasnoarmeyskoye Shosse 28Aalin688@yandex.ru

The purpose of this study was early diagnosis of coronary heart disease and identification of risk factors for this disease.

Methods. We conducted a study of 24 patients without pronounced clinical manifestations of coronary heart disease. In our work, we used such methods of functional diagnostics as sphygmography, duplex scanning of the brachiocephalic arteries and lower extremity arteries, ultrasound examination of the microcirculatory bed, echocardiography. When studying the endothelial function, we necessarily examined the microcirculation of the hand using the Minimax Doppler K device.

Results. 10 patients showed violations of almost all indices of arterial stiffness and vasomotor function. Six of them had atherosclerotic plaques in the brachiocephalic and femoral arteries, and in two cases a load test was performed on these patients.

Conclusion. It was found that distal blood flow Dopplerography is a sensitive and accurate method for studying endothelial function and can be used as an express diagnostic method for identifying risk factors for coronary heart disease, and in combination with other research methods for early diagnostics of this disease.

ПОКАЗАТЕЛИ АДФ-ИНДУЦИРОВАННОЙ АГРЕГАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ ТРОМБОЦИТОВ У КРЫС, АССОЦИИРОВАННЫЕ С ПОЛОМ

Чхаидзе И.З.¹, Чефу С.Г.², Петрищев Н.Н.²

¹ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, Россия

²ФГБОУ ВО «ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова» Минздрава РФ, Санкт-Петербург, Россия

chkhaidze_i@mail.ru

Целью исследования было выявление особенностей агрегационной активности тромбоцитов у крыс в зависимости от их биологического пола.

Методы. АДФ-индуцированную (1,25 μ моль) агрегацию тромбоцитов исследовали в богатой тромбоцитами плазме ($200-300 \times 10^9$ /л) половозрелых крыс стока Wistar турбидиметрическим методом в условиях *in vitro*. Регистрировали хронометрические (латентный период, время достижения максимальной амплитуды агрегации (МА), время полудезагрегации; сек), и структурные показатели агрегации (изменение формы тромбоцитов, МА агрегации; %), характеризующие изменения оптической плотности.

Результаты. Показатели первой фазы реакции на АДФ у сравниваемых групп значимо не отличались. Интенсивность агрегации у самцов была достоверно выше, чем у интактных самок (57% и 38,5%, соответственно; $p < 0,005$), а время полудезагрегации меньше у самок. У беременных крыс (20-й день) показатели агрегации значимо отличались от всех групп: время достижения МА (79 с) и время полудезагрегации (90 с) были максимальными по сравнению со всеми остальными группами.

Заключение. АДФ-индуцированная агрегация тромбоцитов у самок менее интенсивна по сравнению с самцами крыс стока Wistar, а процесс дезагрегации ускорен. У беременных крыс интенсивность агрегации повышается по сравнению с интактными самками, а дезагрегация значительно замедлена.

GENDER-RELATED INDICATORS OF ADP-INDUCED PLATELET AGGREGATION ACTIVITY IN RATS

Chkhaidze I.Z.¹, Chifu S.G.², Petrishchev N.N.²

¹Saint-Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

²Pavlov University, Saint Petersburg, Russia

chkhaidze_i@mail.ru

The aim of the study was to identify the features of platelet aggregation activity in rats depending on their biological sex.

Methods. ADP-induced (1.25 μ mol) platelet aggregation was studied in platelet-rich plasma ($200-300 \times 10^9$ /l) of sexually mature Wistar rats by turbidimetric method *in vitro*. Chronometric parameters (latency period, time to reach the maximum amplitude of aggregation (MA), half-aggregation time; sec), as well as structural aggregation parameters (platelet shape change, aggregation MA; %), characterizing changes in optical density, were recorded.

Results. The chronometric and structural parameters of the first phase of the reaction to ADP did not differ significantly. The aggregation intensity in males was significantly higher than in intact females (57% and 38.5%, respectively; $p < 0.005$), and the time of half-desaggregation was shorter in females. In pregnant rats, aggregation parameters were significantly different from all groups: the time to reach MA (79 s) and half-desaggregation time (90 s) were maximal compared to all other groups.

Conclusion. ADP-induced platelet aggregation is less intense in female compared to male Wistar stock rats and the desaggregation process is accelerated. In pregnant rats, the intensity of aggregation is increased compared to intact females, and desaggregation is significantly delayed.

ВЛИЯНИЕ ГЕЛЕЙ, СОДЕРЖАЩИХ В СОСТАВЕ РАЗНОЕ СООТНОШЕНИЕ АКТИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ, НА МИКРОЦИРКУЛЯТОРНЫЕ НАРУШЕНИЯ У ЖИВОТНЫХ ПРИ ПАРОДОНТИТЕ

Савкина А.А.¹, Ленгерт Е.В.¹, Ермаков А.В.¹, Степанова Т.В.¹, Иванов А.Н.¹

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского», Саратов, Россия

sawkina.ange@yandex.ru

Целью исследования было определение в альгинатном геле, оптимального соотношения инкапсулированных антибактериальных и противовоспалительных веществ для коррекции микроциркуляторных нарушений при пародонтите.

Методы. На экспериментальной модели пародонтита были применены образцы гелей, содержащих микрокапсулы из альгината с наночастицами серебра, загруженные антибактериальным (метронидазол) и противовоспалительным (таниновая кислота) агентами, в различных пропорциях. Микроциркуляцию исследовали с помощью метода лазерной доплеровской флоуметрии.

Результаты. Было установлено, что гель, содержащий капсулы с таниновой кислотой и метронидазолом в соотношении 2:1, превосходит аналог с равным соотношением капсул по своей эффективности в коррекции сердечных колебаний на 39%, а аналог с преобладанием антибактериальных компонентов в коррекции перфузии на 4%, миогенных на 38%, нейрогенных на 27%, дыхательных в 1,3 раза и сердечных колебаний в 1,4 раза.

Заключение. Гель с преобладанием противовоспалительного компонента, превосходит аналоги с равным соотношением активных веществ и преобладанием антибактериальных агентов, в эффективности коррекции нарушенной перфузии десен и механизмов ее модуляции.

THE EFFECT OF GELS CONTAINING A DIFFERENT RATIO OF ACTIVE INGREDIENTS ON MICROCIRCULATORY DISORDERS IN ANIMALS WITH PERIODONTITIS

Savkina A.A.¹, Lengert E.V.¹, Ermakov A.V.¹, Stepanova T.V.¹, Ivanov A.N.¹

¹Saratov State Medical University named after V. I. Razumovsky, Saratov, Russia

sawkina.ange@yandex.ru

The aim of the study was to determine the optimal ratio of encapsulated antibacterial and anti-inflammatory substances in alginate gel for the correction of microcirculatory disorders in periodontitis.

Methods. In an experimental model of periodontitis, samples of gels containing microcapsules of alginate with silver nanoparticles loaded with antibacterial (metronidazole) and anti-inflammatory (tannic acid) agents in various proportions were used. Microcirculation was studied using laser Doppler flowmetry.

Results. It was found that a gel containing capsules with tannic acid and metronidazole in a 2:1 ratio surpasses an analog with an equal capsule ratio in its effectiveness in correcting cardiac oscillations by 39%, and an analog with a predominance of antibacterial components in correcting perfusion by 4%, myogenic by 38%, neurogenic by 27%, respiratory 1.3 times and heart rate 1.4 times.

Conclusion. A gel with a predominance of an anti-inflammatory component surpasses analogues with an equal ratio of active substances and a predominance of antibacterial agents in the effectiveness of correcting impaired gum perfusion and its modulation mechanisms.

ВЛИЯНИЕ ЛОКАЛЬНОГО НАГРЕВА НА РЕГУЛЯЦИЮ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО КРОВОТОКА КОЖИ У МЫШЕЙ С МОДЕЛЬЮ САХАРНОГО ДИАБЕТА 2 ТИПА**Северюхина М.С.^{1,2}, Серов Д.А.^{1,3}, Дюкина А.Р.¹, Гриневич А.А.¹, Танканаг А.В.¹**¹Институт биофизики клетки РАН - обособленное подразделение ФГБУН ФИЦ ПНЦБИ РАН, г. Пушкино, Россия²Филиал ФГБУН ГНЦ РФ Института биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН, г. Пушкино, Россия³ФГБУН ФИЦ Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, г. Москва, Россияtav@icb.psn.ru

Цель - оценить влияние локального нагрева на низкочастотную регуляцию кожной микрогемодинамики мышей с генетической моделью сахарного диабета 2 типа (СД2Т).

Методы. В качестве модели СД2Т были использованы инбредные мыши линии C57BL/Ks-db+/+m (♂, n = 24), контроль – мыши линии C57BL/6j (♂, n = 25). У анестезированных изофлураном животных анализировали спектральные компоненты в эндотелиальном, нейрогенном, миогенном и Майеровском интервалах в коже задней лапы при температуре 34 °С (15 мин, покой) и 40 °С (15 мин, локальный нагрев) по данным лазерной доплеровской флоуметрии.

Результаты. Локальный нагрев достоверно увеличивал амплитуды колебаний в диапазоне, ассоциированном с волнами Майера, в контрольной и СД2Т группах, а также увеличивал амплитуды миогенных колебаний только в контроле. В покое у СД2Т мышей обнаружено увеличение вклада миогенных и снижение вклада Майеровских колебаний в общую низкочастотную спектральную энергию по сравнению с контрольными животными.

Заключение. Представленные результаты согласуются с данными, полученными при исследовании влияния локального нагрева на параметры кожной микрогемодинамики СД2Т пациентов. Следовательно, генетическая модель СД2Т адекватно описывает изменения в регуляции кожной микроциркуляции конечности животного в ответ на локальный нагрев.

Исследование поддержано Российским научным фондом (грант №22-15-00215-П).

EFFECT OF LOCAL HEATING ON REGULATION OF MICROVASCULAR SKIN BLOOD FLOW IN MICE WITH TYPE 2 DIABETES MELLITUS MODEL**Severyukhina M.S.^{1,2}, Serov D.A.^{1,3}, Dyukina A.R.¹, Grinevich A.A.¹, Tankanag A.V.¹**¹Institute of Cell Biophysics of RAS, Pushchino, Russia²Branch of Shemyakin-Ovchinnikov Institute of Bioorganic Chemistry, Pushchino, Russia³Prokhorov General Physics Institute, Moscow, Russia

The aim of the study was to evaluate the effect of local heating on low-frequency regulation of cutaneous microhemodynamics in mice with a genetic model of type 2 diabetes mellitus (T2DM).

Methods. Inbred C57BL/Ks-db+/+m male mice (n = 24) were used as a T2DM model; C57BL/6j ones (n = 23) served as controls. Spectral components in endothelial, neurogenic, myogenic and Mayer rhythms of skin blood flow of hind paw at 34°C (15', rest) and 40°C (15', local heating) according to laser Doppler flowmetry were analyzed in animals under isoflurane anesthesia.

Results. Local heating significantly increased amplitudes of Meyer oscillations in control and T2DM groups, and increased amplitudes of myogenic oscillations only in control. At rest, T2DM mice showed increased contribution of myogenic and decreased contribution of Mayer oscillations to the total low-frequency spectral energy compared to control group.

Conclusion. These results are consistent with those obtained when studying the effects of local heating on cutaneous microhemodynamic parameters in T2DM patients. Thus, the genetic model of T2DM adequately describes the changes in cutaneous microvascular regulation in animal limb in response to local heating.

ВЛИЯНИЕ КОРОНАРНОГО ШУНТИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРОВИ

Сидехменова А.В.¹, Алиев О.И.¹, Анищенко А.М.¹, Уляхина О.А.¹, Плотников М.Б.¹
Каменщиков Н.О.², Подоксенов Ю.К.², Тё М.А.²

¹НИИФиРМ имени Е.Д. Гольдберга Томского НИМЦ, Томск, Россия

²НИИ кардиологии Томского НИМЦ, Томск, Россия

sidehmenova@yandex.ru

Целью данного исследования было изучение изменения агрегации и деформируемости эритроцитов у пациентов при коронарном шунтировании с использованием искусственного кровообращения.

Методы. Деформируемость и агрегацию эритроцитов определяли с помощью лазерного оптического ротационного клеточного анализатора Lorrca (RR Mechatronics, Нидерланды).

Результаты. У пациентов сразу после операции статистически значимо снижался индекс элонгации эритроцитов (EI) в диапазоне напряжений сдвига 10,78–30 Па. Через сутки после операции EI статистически значимо не отличался как от значений до операции, так и от значений полученных сразу после операции. Агрегационный индекс статистически значимо снижался сразу после операции и восстанавливался до исходных значений через сутки после операции. Минимальная скорость сдвига, необходимая для предотвращения агрегации (γ_{thr}), статистически значимо повышалась через сутки после операции.

Заключение. При проведении коронарного шунтирования с использованием искусственного кровообращения происходит ухудшение деформируемости эритроцитов и повышение прочности эритроцитарных агрегатов.

INFLUENCE OF CORONARY ARTERY BYPASS GRAFTING USING ARTIFICIAL CIRCULATION ON RHEOLOGICAL PROPERTIES OF BLOOD

Sidekhmenova A.V.¹, Aliev O.I.¹, Anishchenko A.M.¹, Ulyakhina O.A.¹, Plotnikov M.B.¹,
Kamenshchikov N.O.², Podoksenov Y.K.², Tyo M.A.²

¹Goldberg Research Institute of Pharmacology and Regenerative Medicine, Tomsk NRMC, Tomsk, Russia

²Cardiology Research Institute, Tomsk NRMC, Tomsk, Russia

sidehmenova@yandex.ru

The aim of this study was to investigate changes in RBC aggregation and deformability in patients undergoing coronary artery bypass grafting with extracorporeal circulation.

Methods. RBC deformability and aggregation were determined using a Lorrca laser optical rotational cell analyzer (RR Mechatronics, the Netherlands).

Results. Immediately after surgery, patients showed a statistically significant decrease in the erythrocyte elongation index (EI) in the shear stress range of 10.78–30 Pa. One day after surgery, EI did not differ statistically significantly from either the preoperative or immediate postoperative values. The aggregation index statistically significantly decreased immediately after surgery and returned to baseline values one day after surgery. The minimum shear rate required to prevent aggregation (γ_{thr}) statistically significantly increased one day after surgery.

Conclusion. When performing aortocoronary bypass surgery using artificial circulation, the RBC deformability worsens and the strength of erythrocyte aggregates increases.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЯЗКОСТИ КРОВИ НА КОНЦЕНТРАЦИЮ АДРЕНОМЕДУЛЛИНА У СПОНТАННО ГИПЕРТЕНЗИВНЫХ КРЫС**Сидехменова А.В.¹, Алиев О.И.¹, Анищенко А.М.^{1,2}, Уляхина О.А.¹, Полещук О.И.¹, Плотников М.Б.¹**¹НИИФиРМ имени Е.Д. Гольдберга Томского НИМЦ, Томск, Россия²Сибирский государственный медицинский университет, Томск, Россия

sidehmenova@yandex.ru

Целью данного исследования было изучение изменения уровня адrenomедуллина в плазме крови после повышения сдвигового напряжения на эндотелии у спонтанно гипертензивных крыс по сравнению с нормотензивными животными.

Методы. Эксперименты проведены на крысах самцах SHR и на нормотензивных крысах самцах Вистар. Вязкость крови изменяли с помощью изоволюмической гемоконцентрации, после чего через 30 минут измеряли уровень адrenomедуллина в плазме крови.

Результаты. Исходная концентрация адrenomедуллина в плазме крыс SHR была статистически значимо ниже, чем у крыс Вистар. После изоволюмической гемоконцентрации у крыс Вистар было выявлено статистически значимое снижение концентрации адrenomедуллина по сравнению с исходным значением. У крыс SHR уровень адrenomедуллина после изоволюмической гемоконцентрации не изменялся по сравнению с исходным значением.

Заключение. Полученные данные свидетельствуют о нарушении механизма механотрансдукции связанного с адrenomедуллином при артериальной гипертензии.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-25-00175, <https://rscf.ru/project/23-25-00175/>.

EFFECT OF CHANGES IN BLOOD VISCOSITY ON ADRENOMEDULLIN CONCENTRATION IN SPONTANEOUSLY HYPERTENSIVE RATS**Sidekhmenova A.V.¹, Aliev O.I.¹, Anishchenko A.M.^{1,2}, Ulyakhina O.A.¹, Poleshchuk O.I.¹, Plotnikov M.B.¹**¹Goldberg Research Institute of Pharmacology and Regenerative Medicine, Tomsk NRMC, Tomsk, Russia²Siberian State Medical University, Tomsk, Russia

sidehmenova@yandex.ru

The aim of this study was to investigate changes in plasma adrenomedullin levels after increasing endothelial shear stress in spontaneously hypertensive rats compared to normotensive animals.

Methods. Experiments were performed on male SHR and normotensive male Wistar rats. Blood viscosity was measured using isovolumic hemoconcentration, after which the adrenomedullin level in the blood plasma was measured after 30 minutes.

Results. The initial plasma adrenomedullin concentration in SHR was statistically significantly lower than in Wistar rats. After isovolemic hemoconcentration, a statistically significant decrease in adrenomedullin concentration was found in Wistar rats compared to the initial value. In SHR, the adrenomedullin level after isovolemic hemoconcentration did not change compared to the initial value.

Conclusion. The obtained data indicate a violation of the mechanism of mechanotransduction associated with adrenomedullin in arterial hypertension.

This study was conducted with financial support of the Russian Science Foundation project N 23-25-00175, <https://rscf.ru/en/project/23-25-00175/>.

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНО-ТКАНЕВОЙ СИСТЕМЫ КОЖИ ДЛЯ КЛИНИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**Сидоров В.В.¹, Крупаткин А.И.²**¹ООО Научно-производственное предприятие «ЛАЗМА», Москва, Россия²НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва, Россияvictor.v.sidorov@mail.ru

Целью исследований является разработка перечня параметров, характеризующего общее состояние микроциркуляторно-тканевой системы (МТС) кожи, для использования в клинической практике.

Методы. Оценка МТС кожи осуществлялась при сочетании двух методов: лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) - контроль микроциркуляции крови и флуоресцентной спектроскопии (ФС) – оценка амплитуды флуоресценции кофермента восстановленного никотинамидадениндинуклеотида (НАДН), биомаркера окислительного метаболизма. Выбраны области для контроля МТС кожи с артериоло-венулярными анастомозами (АВА): ладонная поверхность 3 пальца кисти и подошвенная поверхность 1 пальца ноги.

Результаты. АВА вносят наибольший вклад в величину перфузии. Центры симпатической иннервации АВА находятся в гипоталамусе, сегментах спинного мозга и в ганглиях симпатического ствола. Контроль микроциркуляции в указанных областях интегрально отражает вектор состояния и регуляции микроциркуляции при патологических процессах соответственно в верхних и нижних регионах тела. Определен перечень основных параметров.

Заключение. Для клинического использования диагностические параметры представлены тремя группами: «микроциркуляция», «энергопроизводство», «метаболизм».

DIAGNOSTIC PARAMETERS OF THE MICROCIRCULATORY-TISSUE SYSTEM OF THE SKIN FOR CLINICAL USE**Sidorov V.V.¹, Krupatkin A.I.²**¹SPE "LAZMA" Moscow, Russia²NMIC of Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov, Moscow, Russiavictor.v.sidorov@mail.ru

The aim of the study is to research a list of parameters characterizing the general condition of the microcirculatory tissue system (MTS) of the skin for use in clinical practice.

Methods. The assessment of the condition of the skin microcirculation was researched using a combination of two methods: laser Doppler flowmetry (LDF) - monitoring blood microcirculation and fluorescence spectroscopy (FS) - assessing the amplitude of fluorescence of the restored coenzyme nicotinamide adenine dinucleotide (NADH), a biomarker of oxidative metabolism.

The results. Areas for monitoring skin microcirculation with arteriovenous anastomoses (AVA) were selected: the palmar surface of the third finger of the hand and the plantar surface of the first toe of the foot. The control of microcirculation in the selecting areas integrally reflects the vector of state and regulation of microcirculation during pathological processes, respectively, in the upper and lower regions of the body. A list of key parameters has been defined.

Conclusion. For clinical use the diagnostic parameters are presented in three groups: "microcirculation", "energy production", "metabolism".

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КРОВИ И ФУНКЦИИ ЭНДОТЕЛИЯ СОСУДОВ В НОРМЕ И ПРИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ**Софронов Е.А.¹, Гурфинкель Ю.И.², Луговцов А.Е.¹, Приезжев А.В.¹**¹Физический факультет и ²Медицинский научно-образовательный институт МГУ имени М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1Sofronov3956@mail.ru

Целью данного исследования было проведение комплексного анализа параметров микроциркуляции крови и функции эндотелия сосудов с использованием трёх неинвазивных методов у здоровых лиц и пациентов с различными сердечно-сосудистыми заболеваниями

Методы. Капилляроскопия ногтевого ложа, лазерная доплеровская флоуметрия и окклюзионная плетизмография.

Результаты. Комплексное применение трех методов позволило получить согласованную оценку состояния микроциркуляторного русла и эндотелиальной функции. У пациентов с ССЗ выявлены значительные нарушения: снижение эндотелий-зависимой вазодилатации, увеличение количества агрегатов эритроцитов и снижение скорости капиллярного кровотока по сравнению со здоровыми лицами. Данные ЛДФ и окклюзионной плетизмографии показали схожие тенденции в оценке реакции на окклюзионную пробу.

Заключение. Проведенное исследование показало, что комплексный неинвазивный анализ состояния микроциркуляторного русла и функции эндотелия является перспективным для ранней диагностики ССЗ, оценки эффективности лечения и понимания влияния физических нагрузок на сердечно-сосудистую систему. Результаты способствуют внедрению данных методов в клиническую практику.

Благодарности: Данная работа была выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 23-45-00027.

COMPREHENSIVE ANALYSIS OF BLOOD MICROCIRCULATION PARAMETERS AND VASCULAR ENDOTHELIUM FUNCTION IN NORMAL STATES AND IN CARDIOVASCULAR DISEASES**Sofronov E. A.¹, Gurfinkel Y. I.², Lugovtsov A.E.¹, Priezzhev A.V.¹**¹Faculty of Physics and ²Medical Research and Educational Institute of Lomonosov Moscow State University, 1, Leninskie gory, Moscow, 119991, RussiaSofronov3956@mail.ru

The aim of this study was to conduct a comprehensive analysis of blood microcirculation parameters and vascular endothelial function (EF) using three non-invasive methods in healthy individuals and patients with various cardiovascular diseases (CVD).

Methods. Capillaroscopy of the nail bed, laser Doppler flowmetry (LDF) and occlusion plethysmography (OP).

Results. Complex application of the three methods made it possible to obtain a consistent assessment of the state of the microcirculatory bed and EF. Significant disorders were found in patients with CVD: a decrease in endothelium-dependent vasodilation, an increase in the number of red blood cell aggregates, and a decrease in capillary blood flow compared with healthy individuals. LDF and OP data showed similar trends in assessing the response to an occlusion test.

Conclusion. The study showed that a comprehensive noninvasive analysis of the microcirculatory system and EF is promising for early diagnosis of CVD, evaluation of treatment effectiveness, and understanding the effects of physical exertion on the cardiovascular system. The results contribute to the implementation of these methods in clinical practice.

ФУНКЦИИ ЭРИТРОЦИТОВ: СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ**Тихомирова И.А.**

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

Ушинского», Ярославль, Россия

tikhom-irina@yandex.ru

Зрелые эритроциты, утратившие ядро и большинство органоидов, традиционно считались редуцированными клетками, простыми резервуарами для транспорта кислорода. Однако в последнее время получены убедительные свидетельства активного участия этих клеток в регуляции кровотока в соответствии с локальными потребностями тканей, их существенной роли в процессах свертывания крови и фибринолиза, а также в иммунных реакциях. Установлено, что на мембране эритроцитов имеются как минимум 77 мембранных транспортеров и рецепторов, которые могут реагировать на известные или незнакомые препараты, фитохимические вещества, нутрицевтики или другие ксенобиотики. Кроме транспорта кислорода эритроциты способны не только обратимо связывать, транспортировать и высвобождать оксид азота, но и синтезировать его при необходимости. Метаболизм эритроцитов не так прост, а гемоглобин активно участвует в регуляторных и метаболических процессах. Свойства эритроцитов изменяются не только при гематологических заболеваниях, эритроциты могут «отражать» гомеостаз всего организма благодаря их постоянному движению по сосудистой сети и взаимодействию со всеми тканями. Собранные при этом информация делает их полезными биомаркерами. Таким образом, зрелые эритроциты рассматриваются как одна из самых многообещающих целей в качестве средства для диагностики ряда патологий, а также эффективной основы для разработки новых методов лечения.

*Работа выполнена при поддержке РНФ грант № 25-15-00172***FUNCTIONS OF ERYTHROCYTES: MODERN CONCEPTS****Tikhomirova I.A.**

Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky, Yaroslavl, Russia

tikhom-irina@yandex.ru

Mature red blood cells that have lost their nucleus and most organelles have traditionally been considered reduced cells, simple reservoirs for oxygen transport. However, recently convincing evidence has been obtained of the active participation of these cells in the regulation of blood flow in accordance with local tissue demands, a significant role in blood coagulation and fibrinolysis, and immune responses was shown. It has been established that the red blood cell membrane contains at least 77 membrane transporters and receptors that can respond to known or unfamiliar drugs, phytochemicals, nutraceuticals, or other xenobiotics. In addition to oxygen transport, red blood cells are capable of not only reversibly binding, transporting, and releasing nitric oxide, but also synthesizing it when needed. The metabolism of red blood cells is not so simple, and hemoglobin is actively involved in regulatory and metabolic processes. The properties of red blood cells change not only in hematological diseases; red blood cells can “reflect” the homeostasis of the entire organism due to their constant circulation in the vascular network and interaction with all tissues. The information collected makes them useful biomarkers. Mature red blood cells are thus considered one of the most promising targets as a means of diagnosing a number of pathologies, as well as an effective basis for developing new treatments.

The work was supported by Russian Science Foundation grant № 25-15-00172.

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРОВИ И МЕТАБОЛИЗМ ОКСИДА АЗОТА У ПАЦИЕНТОВ С СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ**Тихомирова И.А.¹, Петроченко Е.П.¹, Петроченко А.С.²**¹ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского», Ярославль, Россия²ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет», Ярославль, Россия
tikhom-irina@yandex.ru

Целью данного исследования была оценка взаимосвязи метаболизма оксида азота с гемореологическим статусом пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями (ССЗ).

Методы. В исследование были включены 23 пациента с сердечно-сосудистыми заболеваниями (артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца), группу контроля составили 20 практически здоровых добровольцев. Оценивали параметры гемореологического профиля (вязкость крови, плазмы, агрегацию и деформируемость эритроцитов) и общее содержание метаболитов оксида азота в плазме крови (NO)x.

Результаты. У пациентов с ССЗ зафиксировано существенное повышение уровня оксида азота в крови (на 42%, $p < 0,05$) в сравнении с нормой, что указывает на участие индуцибельной NO-синтазы в условиях патологии при нарушении вазодилатационной функции эндотелия. Вязкость плазмы у пациентов с ССЗ была на 12% ($p < 0,01$) выше нормы, деформируемость эритроцитов снижена на 8% ($p < 0,05$), а их агрегация – на 13% ($p < 0,05$) выше, чем в группе контроля. Выявлена обратная корреляционная взаимосвязь между показателями агрегации эритроцитов и уровнем (NO)x в плазме ($r = -0,564$).

Заключение. Неблагоприятные изменения гемореологического статуса пациентов с ССЗ, ухудшающие кислородное снабжения тканей, взаимосвязаны с нарушением метаболизма оксида азота вследствие эндотелиальной дисфункции.

BLOOD RHEOLOGICAL PROPERTIES AND NO METABOLISM IN PATIENTS WITH CARDIOVASCULAR DISEASES**Tikhomirova I.A.¹, Petrochenko E.P.¹, Petrochenko A.S.²**¹Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky, Yaroslavl, Russia²Yaroslavl State Medical University, Yaroslavl, Russiatikhom-irina@yandex.ru

The aim of this study was to evaluate the relationship between nitric oxide metabolism and hemorheological status in patients with cardiovascular diseases (CVD).

Methods. 23 patients with cardiovascular diseases (arterial hypertension, ischemic heart disease) were enrolled in this study, the control group consisted of 20 practically healthy volunteers. The parameters of the hemorheological profile (whole blood and plasma viscosity, aggregation and deformability of erythrocytes) and the total content of nitric oxide metabolites in blood plasma (NO)x were assessed.

Results. In patients with CVD, a significant increase in the level of nitric oxide in the blood was recorded (by 42%, $p < 0.05$) compared to the norm, which indicates the participation of inducible NO synthase in pathological conditions with impaired vasodilatation function of the endothelium. Plasma viscosity in patients with CVD was by 12% ($p < 0.01$) higher than normal, erythrocyte deformability was reduced by 8% ($p < 0.05$), and aggregation was by 13% ($p < 0.05$) higher than in the control group. An inverse correlation was revealed between the indices of erythrocyte aggregation and the level of (NO)x in plasma ($r = -0.564$).

Conclusion. Adverse changes in the hemorheological status of patients with CVD, which worsen tissue oxygen supply, are associated with impaired nitric oxide metabolism due to endothelial dysfunction.

ПАРАМЕТРЫ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО КРОВОТОКА У НОРМОТЕНЗИВНЫХ ЛИЦ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИНДЕКСА МАССЫ ТЕЛА И МЕТАБОЛИЧЕСКОГО СТАТУСА

Трунов И.В.¹, Королев А.И.¹, Дадаева В.А.¹, Чашин М.Г.¹, Федорович А.А.^{1,2}

¹ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины» Минздрава России, Москва, Россия

² ФГБУН ГНЦ РФ «Институт медико-биологических проблем» РАН, Москва, Россия

ilya_trunov_90@mail.ru

Цель – изучить особенности микрососудистого русла кожи у нормотензивных лиц в зависимости индекса массы тела (ИМТ) и метаболического статуса.

Методы. 227 нормотензивным испытуемым (43±6 лет, м/ж – 120/107) проведена антропометрия, видеокапилляроскопия (ВКС), двухканальная лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ), фотоплетизмография (ФПГ) и биохимический анализ крови.

Результаты. 114 человек имели ИМТ < 25 кг/м², 113 – 25 кг/м² ≤ ИМТ < 35 кг/м².

Достоверных различий между группами по ИМТ по данным ВКС, ЛДФ и ФПГ не выявлено. Далее испытуемые были разделены на две группы – метаболически здоровый фенотип (МЗФ, n=53) и метаболически нездоровый фенотип (МНЗФ, n=174). В группе МЗФ у лиц с повышенным ИМТ по данным ЛДФ отмечается достоверно больший тонус всех активных механизмов регуляции (эндотелиальный, нейрогенный, миогенный). В группе МНЗФ отмечается противоположный результат, который проявляется снижением тонуса всех активных механизмов регуляции у лиц с избыточной массой тела и ожирением 1 степени, что характеризует «парадокс ожирения».

Заключение. Достоверные межгрупповые различия в системе микроциркуляции у нормотензивных лиц в зависимости от ИМТ выявляются только при разделении их на группы по метаболическому статусу.

PARAMETERS OF MICROCIRCULATORY BLOOD FLOW IN NORMOTENSIVE INDIVIDUALS DEPENDING ON BODY MASS INDEX AND METABOLIC STATUS

Trunov I.V.¹, Korolev A.I.¹, Dadaeva V.A.¹, Chashchin M.G.¹, Fedorovich A.A.^{1,2}

¹ National Medical Research Center for Therapy and Preventive Medicine of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, Russia

² Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

ilya_trunov_90@mail.ru

The aim Objective: to study the features of the skin microvascular bed in normotensive individuals depending on the body mass index (BMI) and metabolic status.

Methods. 227 normotensive subjects (43±6 years old, m/f – 120/107) underwent anthropometry, videocapillaroscopy (VCS), dual-channel laser Doppler flowmetry (LDF), photoplethysmography (PPG) and biochemical blood analysis.

Results. 114 people had a BMI < 25 kg/m², 113 – 25 kg/m² ≤ BMI < 35 kg/m². No significant differences were found between the groups according to BMI according to VCS, LDF and PPG. The subjects were then divided into two groups: the metabolically healthy phenotype (MHP, n=53) and the metabolically unhealthy phenotype (MUHP, n=174). In the MHP group, individuals with elevated BMI according to LDF data showed a significantly higher tone of all active regulatory mechanisms (endothelial, neurogenic, myogenic). In the MUHP group, the opposite result was observed, which was manifested by a decrease in the tone of all active regulatory mechanisms in individuals with overweight and grade 1 obesity, which characterizes the "obesity paradox".

Conclusion. Reliable intergroup differences in the microcirculation system in normotensive individuals depending on BMI are revealed only when dividing them into groups by metabolic status.

ПОИСК МИКРОРЕОЛОГИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Умеренков Д.А.¹, Максимов М.К.¹, Мольдон П.А.¹, Ермолинский П.Б.¹, Дячук Л.И.², Луговцов А.Е.¹, Приезжев А.В.¹

¹Физический факультет и ²Медицинский научно-образовательный институт
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия
mbnsvtsdanila@gmail.com

Цель данной работы состояла в количественной оценке и корреляционном анализе изменений микрореологических свойств крови и параметров капиллярного кровотока у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями (ССЗ) для дальнейшего выявления диагностически значимых маркеров методами машинного обучения.

Методы. Количественная оценка параметров микрореологии и микроциркуляции производилась методами лазерной агрегометрии, дифрактометрии, турбидиметрии и с помощью оптического капилляроскопа.

Результаты. Анализ важности измеряемых параметров как диагностически значимых маркеров показал, что для алгоритмов “Случайный лес” и “Catboost” значимыми являются такие параметры как: диаметр переходного отдела капилляров, измеряемый с помощью оптического капилляроскопа, деформируемость и агрегация эритроцитов, тогда как алгоритм К-ближайших соседей преимущественно опирался на параметры агрегации тромбоцитов. Однако стоит отметить, что набор параметров, который оказывал значительное влияние на выход модели, преимущественно совпадает для каждого алгоритма машинного обучения.

Заключение. С помощью машинного обучения определены наиболее значимые параметры крови, измеряемые оптическими методами, которые могут влиять на развитие и прогрессирование ССЗ.

Благодарности: Молодой ученый является стипендиатом Фонда развития теоретической физики и математики «БАЗИС» (24-2-1-94-1).

SEARCH FOR MICRORHEOLOGICAL MARKERS OF CARDIOVASCULAR DISEASES USING MACHINE LEARNING METHODS

Umerenkov D.A.¹, Maksimov M.K.¹, Moldon P.A.¹, Ermoolinsky P.B.¹, Dyachuk L.I.², Lugovtsov A.E.¹, Priezzhev A.V.¹

¹Physics Department and ²Medical Research and Educational Institute, M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
mbnsvtsdanila@gmail.com

The **aim** of this study was to perform quantitative assessment and correlation analysis of changes in the microrheological properties of blood and capillary blood flow parameters in patients with cardiovascular diseases (CVD), with the goal of identifying diagnostically significant markers using machine learning methods.

Methods. Quantitative assessment of microrheological and microcirculation parameters was performed using laser aggregometry, diffractometry, turbidimetry, and optical capillaroscopy.

Results. Feature importance analysis for diagnostic markers revealed that the «Random Forest» and «CatBoost» algorithms identified the following parameters as significant: the diameter of the capillary transitional zone (measured via optical capillaroscopy), erythrocyte deformability, and erythrocyte aggregation. In contrast, the «K-Nearest Neighbors» algorithm primarily relied on platelet aggregation parameters. Notably, the set of parameters exerting substantial influence on model output was largely consistent across all machine learning algorithms.

Conclusion. Machine learning methods were used to determine the most significant blood parameters measured by optical techniques that may influence the development and progression of CVD.

ГЕМОРЕОЛОГИЧЕСКИЕ НАРУШЕНИЯ И МИКРОСОСУДИСТЫЕ ОСЛОЖНЕНИЯ ПРИ САХАРНОМ ДИАБЕТЕ 1 И 2 ТИПОВ**Фабричнова А. А.**

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова

anastasia.fabrichnova@mail.ru

Целью исследования было изучение особенностей нарушений реологических свойств крови при сахарном диабете 1 и 2 типов (СД1 и СД2), а также оценка связи нарушений гемореологических свойств с наличием микрососудистых осложнений (диабетической нефропатии, ретинопатии).

Методы. Исследование проводили на образцах венозной крови при помощи коакциально-цилиндрического агрегометра-деформометра «LADE», Россия ($\lambda=650$ нм). Для оценки способности эритроцитов к агрегации и деформации применялись методы светорассеяния и эктацитометрии.

Результаты. При СД2 наблюдались значительно более выраженные реологические нарушения крови по сравнению с СД1. Микрососудистые осложнения при СД1 были связаны с нарушением реологических свойств крови. Снижение СКФ менее 90 мл/мин*м² коррелировало с развитием гиперагрегации эритроцитов: коэффициент корреляции СКФ и прочности наиболее крупных эритроцитарных агрегатов (I2,5) $\rho=0,46$, ($p<0,05$), скорости 1 фазы агрегации эритроцитов (T1) $\rho=0,408$, ($p<0,05$), времени 1 фазы агрегации эритроцитов (kTb) $\rho=0,41$, ($p<0,05$). Наличие диабетической ретинопатии было связано с повышением скорости 1 фазы агрегации эритроцитов. При СД2 связи между нарушением реологических свойств крови и наличием микрососудистых осложнений не выявлено.

Заключение. При СД2 нарушения реологических свойств крови более выражены, по сравнению с СД1. При СД1 наличие микрососудистых осложнений было связано с нарушениями реологических свойств крови. При СД2 подобных связей не наблюдалось.

HAEMORHEOLOGICAL DISORDERS AND MICROVASCULAR COMPLICATIONS IN DIABETES MELLITUS TYPES 1 AND 2**Fabrichnova A. A.**

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Anastasia.fabrichnova@mail.ru

The aim The aim of the study was to examine hemorheological property disorders in type 1 and type 2 diabetes mellitus (DM1 and DM2), as well as to assess the relationship between hemorheological property disorders and the presence of diabetic microvascular complications (nephropathy, retinopathy).

Methods. The study was conducted on venous blood samples using a coaxial-cylindrical aggregometer-deformometer "LADE", Russia ($\lambda = 650$ nm). To assess the ability of erythrocytes to aggregate and deform, light scattering and ektacytometry methods were used.

Results. In DM2, more pronounced rheological disorders of the blood were observed compared to DM1. Microvascular complications in DM1 were associated with impaired rheological properties of the blood. A decrease in glomerular filtration rate (GFR) to less than 90 ml/min correlated with the development of erythrocyte hyperaggregation: the correlation coefficient of GFR and the strength of the largest erythrocyte aggregates (I2.5) $\rho=0.46$, ($p<0.05$), the rate of phase 1 erythrocyte aggregation (T1) $\rho=0.408$, ($p<0.05$), the time of phase 1 erythrocyte aggregation (kTb) $\rho=0.41$, ($p<0.05$). The presence of diabetic retinopathy was associated with an increase in the rate of phase 1 erythrocyte aggregation. In DM2, no relationship was found between impaired blood rheological properties and the presence of microvascular complications.

Conclusion. In DM2, impaired blood rheological properties are more pronounced than in DM1. In DM1, the presence of microvascular complications was associated with impaired blood rheological properties. No such relationships were observed in DM2.

БЕЗМАНЖЕТОЧНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ. НОВЫЕ ТРЕНДЫ РАЗВИТИЯ НАПРАВЛЕНИЯ**Федорович А.А.^{1,2}, Королев А.И.¹, Ососков В.С.¹**¹ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины» Минздрава России, Москва, Россия² ФГБУН ГНЦ РФ «Институт медико-биологических проблем» РАН, Москва, Россияfaa-micro@yandex.ru

Артериальная гипертензия (АГ) является одним из ведущих модифицируемых факторов риска развития сердечно-сосудистых заболеваний. Бессимптомное течение на ранних стадиях заболевания приводит к низкой осведомленности людей о наличии у них патологии. Все современные рекомендации по диагностике и лечению АГ основаны на измерении АД с помощью плечевой манжеты. Современные достижения микроэлектроники и компьютерных технологий привели к разработке нескольких вариантов различных устройств, которые позволяют оценивать уровень АД без использования классических плечевых манжет. Новые подходы к решению данной проблемы основаны на применении методов веноокклюзионной плетизмографии, аппланационной тонометрии, фотоплетизмографии на отражение и видеоплетизмографии. Доступность и удобство применения безманжеточных методов измерения АД в повседневной жизни может повысить информированность людей о наличии у них АГ на ранних стадиях развития заболевания, когда лечебные мероприятия и меры профилактического характера являются наиболее эффективными. Рассматриваются основные разработки, которые в настоящее время реализованы в виде компактных носимых мониторов АД и программных продуктов, доступных для повседневного использования самым широким кругом потребителей. Наиболее перспективным методом безманжеточного измерения АД является метод на основе видеоплетизмографии, что обусловлено широким распространением веб камер среди населения.

CUFFLESS METHODS OF BLOOD PRESSURE DETERMINATION. NEW TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF THE DIRECTION**Fedorovich A.A.^{1,2}, Korolev A.I.¹, Ososkov V.S.¹**¹ National Medical Research Center for Therapy and Preventive Medicine of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, Russia² Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russiafaa-micro@yandex.ru

Arterial hypertension (AH) is one of the leading modifiable risk factors for the development of cardiovascular diseases. Asymptomatic course in the early stages of the disease leads to low awareness of people about the presence of pathology. All modern recommendations for the diagnosis and treatment of AH are based on measuring blood pressure using a brachial cuff. Modern advances in microelectronics and computer technology have led to the development of several versions of various devices that allow assessing blood pressure without using classic brachial cuffs. New approaches to solving this problem are based on the use of veno-occlusion plethysmography, applanation tonometry, reflection photoplethysmography and video plethysmography. The availability and ease of use of cuff-free methods of measuring blood pressure in everyday life can increase people's awareness of the presence of hypertension in the early stages of the disease, when therapeutic measures and preventive measures are most effective. The main developments that are currently implemented in the form of compact wearable blood pressure monitors and software products available for everyday use by the widest range of consumers are considered. The most promising method of cuff-free blood pressure measurement is the method based on video plethysmography, which is due to the widespread use of web cameras among the population.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ НАРУШЕННОГО КРОВОТОКА В МИКРОСОСУДАХ ПРИ ИШЕМИИ И ВОСПАЛЕНИИ ПРИ АКТИВАЦИИ ЛИМФОТОКА ПЕПТИДАМИ**Хугаева В.К., Ардасенов А.В.**

ФГБНУ НИИ ОПП «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии», Москва, Россия

vhugaeva@mail.ru

Целью данного исследования было изучение механизмов восстановления микрогемоциркуляции на фоне стаза в приносящих сосудах при использовании пептидов. **Методы.** Кровоток в коре мозга методом клиренса водорода; биомикроскопия с фотосъёмкой микрососудов: пиальных, брыжейки тонкой кишки и подкожной жировой клетчатки (ПЖК) кожи крысы с помощью вживлённой камеры.

Результаты. При ишемии мозга возникла остановка работы сердца, дыхания и кровотока в коре мозга. Через 15 мин восстановился слабый кровоток продолжавшийся 30 мин. Пережатие магистральной артериолы брыжейки тонкой кишки крысы сопровождалось перераспределением крови в её сети на протяжении 20-25 мин. Последними функционировали капилляры. В микрососудах подкожной жировой клетчатке после 10 мин. УФ облучения развился стаз. Аппликация лимфостимулирующего пептида на поверхность брыжейки вызвала активацию сокращения лимфатического микрососуда брыжейки и передвижение эритроцитов в рядом, расположенном кровеносном капилляре. Поверхность повреждённой ПЖК имела мозаичный характер. Неповреждёнными были участки, находившиеся около лимфатических сосудов.

Заключение. Лимфатическая система активируется на короткий срок при экстремальных состояниях в ответ на повышение интоксикации лимфы. Применение лимфостимуляторов увеличивает продолжительность активации, способствующей восстановлению кровотока.

RESTORATION OF IMPAIRED BLOOD FLOW IN MICROVESSELS DURING ISCHEMIA AND INFLAMMATION WITH ACTIVATION OF LYMPH FLOW BY PEPTIDES**Khugaeva V.K., Ardasenov A.V.**

Scientific Research Institute of General Pathology and Pathophysiology, Moscow, Russia

vhugaeva@mail.ru

The purpose of this study was to study the mechanisms of restoration of microhemocirculation against the background of stasis in the delivery vessels when using peptides.

Methods. Blood flow in the cerebral cortex by the method of hydrogen clearance; biomicroscopy with photography of microvessels: pial, mesentery of the small intestine and subcutaneous adipose tissue (SCLC) of rat skin using an implanted camera.

Results. With cerebral ischemia, cardiac arrest, respiration, and blood flow in the cerebral cortex occurred. After 15 minutes, the weak blood flow was restored, which lasted for 30 minutes. Compression of the main arteriole of the mesentery of the rat small intestine was accompanied by a redistribution of blood in its network for 20-25 minutes. The capillaries were the last to function. In microvessels of subcutaneous fat tissue after 10 min. UV exposure has developed stasis. Application of a lymphostimulating peptide to the surface of the mesentery caused the activation of contraction of the mesentery lymphatic microvessel and the movement of red blood cells in a nearby blood capillary. The surface of the damaged PHC had a mosaic character. The areas located near the lymphatic vessels were intact.

Conclusion. The lymphatic system is activated for a short period of time in extreme conditions in response to increased lymph intoxication. The use of lymphostimulators increases the duration of activation, which helps restore blood flow.

ИЗМЕРЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭРИТРОЦИТОВ ВО ВЛАЖНЫХ МАЗКАХ**Цыбров Е.Г., Лебедева М.С., Никитин С.Ю.**

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

tsybrovevgeniy@yandex.ru

Целью данного исследования было определение среднего размера (диаметра) эритроцитов и суммарного разброса эритроцитов по размерам и формам во влажных мазках образцов крови здоровых доноров и доноров с хронической сердечной недостаточностью (ХСН) двумя методами: микроскопией и лазерной дифрактометрией.

Методы. Были исследованы образцы венозной крови 22 доноров: 5 образцов нормы, 5 образцов от доноров с 1 классом ХСН, 7 – со 2 классом ХСН, 5 – с 3 классом ХСН. Для каждого образца крови были исследованы от 1 до 3 влажных мазков. При помощи методов лазерной дифрактометрии и микроскопии были вычислены средний диаметр эритроцитов, а также величина разброса эритроцитов по размерам и формам для каждого донора. Полученные данные сравнивались с величинами MCV и RDWD-CV стандартного анализа крови.

Результаты. Результаты измерений методами микроскопии и лазерной дифрактометрии показывают увеличение как размеров эритроцитов, так и величины разброса эритроцитов по размерам и формам в группах с ХСН по сравнению с нормой. Аналогичные результаты были получены для параметров MCV и RDWD-CV стандартного анализа крови.

Заключение. Методами микроскопии и лазерной дифрактометрии были измерены величины среднего диаметра эритроцитов и разброса эритроцитов по размерам и формам. Отличия между здоровыми донорами и донорами с ХСН подтверждаются данными стандартного анализа крови.

MEASUREMENT OF GEOMETRIC PARAMETERS OF RED BLOOD CELLS IN WET SMEARS**Tsybrov E.G., Lebedeva M.S., Nikitin S. Yu.**

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

tsybrovevgeniy@yandex.ru

The aim of this study was to determine the average size (diameter) of erythrocytes and the total spread in erythrocyte size and shape in wet smears of blood samples from healthy donors and donors with chronic heart failure (CHF) using two methods: microscopy and laser diffractometry.

Methods. Venous blood samples from 22 donors were examined: 5 normal samples, 5 samples from donors with class 1 CHF, 7 with class 2 CHF, 5 with class 3 CHF. From 1 to 3 wet smears were examined for each blood sample. The average diameter of red blood cells as well as the total spread in erythrocyte size and shape were calculated for each donor using the methods of laser diffractometry and microscopy. The data obtained were compared with the MCV and RDW-CV values of a standard blood test.

Results. The results of measurements by microscopy and laser diffractometry show an increase in both size and the total spread in erythrocyte size and shape in groups with CHF compared with the norm. Similar results were obtained for the MCV and RDW-CV parameters of the standard blood test.

Conclusion. The average diameter of red blood cells and the total spread in erythrocyte size and shape were measured using microscopy and laser diffractometry. The differences between healthy donors and donors with CHF were confirmed by the data of a standard blood test.

ВЛИЯНИЕ ХРОНИЧЕСКОГО ВОСПАЛЕНИЯ НА СОКРАТИТЕЛЬНУЮ ФУНКЦИЮ БРЫЖЕЧНЫХ ЛИМФАТИЧЕСКИХ УЗЛОВ КРЫС**Чивильдеев А.В., Лобов Г.И.**

ФГБУН Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия

tchivildeev.andrei2009@yandex.ru

Целью работы было изучение эффектов и механизмов влияния хронического воспаления на сократительную функцию брыжеечных лимфатических узлов (ЛУ) крысы.

Методы. Исследование было проведено на 18 самцах крыс Sprague Dawley, хроническое воспаление у опытной группы моделировали путем лигирования дистальной четверти слепой кишки. ЛУ исследовали через 1 (группа 1М) и 2 (группа 2М) месяца после вмешательства; оценивали их тонус, амплитуду и частоту фазных сокращений с помощью миографа. Применяли ингибитор iNOS – 1400W и ингибитор COX-2 – нимесулид.

Результаты. Тонус ЛУ крыс контрольной группы (КГ) был стабилен. Тонус ЛУ крыс опытной группы (ОГ) был снижен и составлял у крыс группы 1М 73%, у 2М 55% от величины тонуса ЛУ крыс КГ ($p < 0.05$). Параметры сокращений ЛУ ОГ при использовании 1400W возрастали, в КГ не изменялись. Нимесулид слабо влиял на сократительную функцию ЛУ крыс группы 1М, при этом достоверно увеличивались тонус, амплитуда и частота фазных сокращений ЛУ крыс группы 2М. Предварительное удаление перинодальной жировой ткани (PNAT) ослабляло эффекты указанных веществ.

Заключение. При хроническом воспалении в тканях ЛУ и PNAT экспрессируется iNOS, возрастает продукция NO. При этом эффект NO постепенно ослабляется, экспрессия COX-2 возрастает, приводя к снижению сократительной функции ЛУ за счет усиления синтеза PGs и ухудшению транспорта лимфы.

THE EFFECT OF CHRONIC INFLAMMATION ON THE CONTRACTILE FUNCTION OF MESENTERIC LYMPH NODES IN RATS**Chivildeev A.V., Lobov G.I.**

Pavlov Institute of Physiology, Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

tchivildeev.andrei2009@yandex.ru

The aim of this study was to determine the effect and mechanisms of chronic inflammation on the contractile function of mesenteric lymph nodes (LN) in rats.

Methods. The study was performed on 18 male Sprague Dawley rats, chronic inflammation in the experimental group was modeled by ligation of the distal quater of the cecum. LN was examined 1 (group 1M) and 2 (group 2M) months after the intervention; their tone, amplitude, and frequency of phase contractions were assessed using a myograph. It was used the iNOS inhibitor – 1400W and the COX-2 inhibitor – nimesulide.

Results. The rats' LN tone in the control group (CG) was stable. The LN's tone of the rats' experimental group (EG) was reduced and amounted to 73% in the 1M group and 55% in the 2M group of the LU tone of the rats' CG. The parameters of EG's LN contractions increased when introduced 1400W, but did not change in CG. Nimesulide had little effect on the contractile function of LN in group 1M, while the tone, amplitude and frequency of LN phase contractions in 2M significantly increased. Preliminary removal of perinodal adipose tissue (PNAT) attenuated the effect of these substances.

Conclusion. In chronic inflammation iNOS is expressed in the tissues of LN and PNAT and NO production increases. At the same time, the effect of NO gradually weakens, COX-2 expression increases, leading to a decrease in the contractile function of LN due to increased synthesis of PGs and reduction of lymph transport.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТОВ ЛИПОПОЛИСАХАРИДА SALMONELLA TYPHI (ПИРОГЕНАЛ) НА МИКРОЦИРКУЛЯЦИЮ У КРЫС В ЭКСПЕРИМЕНТАХ IN VIVO**Чхаидзе И.З.¹, Петрищев Н.Н.²**¹ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, РФ²ФГБОУ ВО «ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова» Минздрава РФ, Санкт-Петербург, РФchkhaidze_i@mail.ru

Целью послужило исследование эффектов липополисахарида (ЛПС) *Salmonella typhi* на микроциркуляцию у крыс в условиях *in vivo*.

Методы. Методом лазерной доплеровской флоуметрии оценивали перфузию кожи до и после внутрибрюшинного введения ЛПС *Salmonella typhi* (Пирогенал, НИИЭМ им. Н.Ф. Гамалеи; 200 мкг) половозрелым самцам крыс стока Wistar. Контрольную группу составили крысы с введением аналогичного объема раствора фосфатно-солевого буфера (pH=7,4). Показатель микроциркуляции (ПМ, пф. ед.) регистрировали в течение 2 часов. Наркотизированных крыс помещали на термостатируемый столик с непрерывной регистрацией ректальной температуры.

Результаты. Кровоток в микрососудах кожи крыс до и после введения фосфатно-солевого буфера статистически значимо не отличался. Среднее значение ПМ – $3,9 \pm 0,36$ пф. ед. После введения ЛПС регистрировалось постепенное увеличение ПМ, отчетливо проявляясь уже через 20 минут ($p < 0,05$). Максимальный прирост ПМ отмечен через 60 минут после введения препарата, достигая в среднем 147,4% от исходных значений. При этом ректальная температура не поднималась выше 37,5°C.

Заключение. Внутрибрюшинное введение бактериального ЛПС оказывает влияние на рефлекторные механизмы регуляции системы микроциркуляции крови у крыс. Отсутствие гипертермии возможно связано с действием анестезии.

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF SALMONELLA TYPHI LIPOPOLYSACCHARIDE (PYROGENAL) ON MICROCIRCULATION IN RATS IN VIVO EXPERIMENTS**Chkhaidze I.Z.¹, Petrishchev N.N.²**¹Saint-Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia²Pavlov University, Saint Petersburg, Russiachkhaidze_i@mail.ru

The aim was to study the effects of *Salmonella typhi* lipopolysaccharide (LPS) on microcirculation in rats *in vivo*.

Methods. LDF was used to evaluate skin perfusion before and after intraperitoneal administration of *Salmonella typhi* LPS (Pyrogenal, N. F. Gamaleya NRC; 200 mcg) to mature male Wistar stock rats. The control group consisted of rats injected with a similar volume of phosphate-salt buffer solution (pH=7.4). The microcirculation index (PM, pf units) was recorded for 2 hours. Anesthetized rats were placed on a thermostatically controlled table with continuous rectal temperature recording.

Results. PM of the rat skin before and after administration of the buffer did not differ statistically significantly. The average value of PM was 3.9 ± 0.36 pf units. After administration of LPS, a gradual increase in PM was recorded, clearly manifested after 20 minutes ($p < 0.05$). The maximum increase in PM was noted 60 minutes after drug administration, reaching an average of 147.4% of the initial values. At the same time, the rectal temperature did not rise above 37.5°C.

Conclusion. Intraperitoneal administration of bacterial LPS affects the reflex mechanisms of regulation of the blood microcirculation system in rats. The absence of hyperthermia may be due to the effect of anesthesia.

ОСОБЕННОСТИ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ У ГИМНАСТОК С РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНЬЮ ВЫРАЖЕННОСТИ ПРИЗНАКОВ ГИПЕРМОБИЛЬНОСТИ СУСТАВОВ**Щанкина Д.В.¹, Малак В.А.¹, Доможилова А.А.¹, Дубкова Н.В.¹**¹ФГБОУ ВО «Национальный государственный Университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург», Санкт-Петербург, Россияdashashankina13rys123@gmail.com

Целью работы являлся сравнительный анализ параметров микроциркуляции у гимнасток с различной степенью выраженности признаков гипермобильности суставов.

Материалы и методы. На основании данных, полученных с помощью модифицированной методики Бейтона, спортсменки, специализирующиеся в художественной гимнастике, были разделены на две группы: группа 1 (n=9) – с умеренными признаками гипермобильности суставов и группа 2 (n=11) – с выраженными признаками гипермобильности. Микроциркуляцию у испытуемых оценивали с помощью прибора Минимакс-Допплер-К в области ногтевого ложа с последующим анализом показателей средних линейных скоростей и расчетных индексов.

Результаты. Было определено, что у спортсменок группы 2 значения средней линейной систолической скорости (Vas) были ниже на 37% ($p < 0,05$) при более высоких показателях индекса пульсации (на 24%) в сравнении с испытуемыми группы 1. Кроме того, у гимнасток с выраженными признаками гипермобильности выявлены статистически значимые корреляционные связи показателей Vas в области ногтевого ложа с величиной систолического артериального давления ($r = 0,673$) и частотой сердечных сокращений ($r = 0,697$).

Заключение. Для гимнасток с выраженными признаками гипермобильности суставов характерны особенности микроциркуляции, которые указывают на изменение упруго-эластических свойств сосудов.

FEATURES OF MICROCIRCULATION IN GYMNASTS WITH DIFFERENT SIGNS OF JOINT HYPERMOBILITY**Shchankina D.V.¹, Malak V.A.¹, Domozhilova A.A.¹, Dubkova N.V.¹**¹Lesgaft National State University of Physical Education, Sport and Health, St. Petersburg, Russiadashashankina13rys123@gmail.com

The aim of this study was to compare microcirculation parameters in gymnasts with different degrees of signs of joint hypermobility.

Materials and methods. Joint hypermobility was assessed using a modified Beighton score. Based on hypermobility, rhythmic gymnasts were divided into two groups: group 1 (n=9) subjects with moderate signs of hypermobility and group 2 (n=11) subjects with pronounced signs of joint hypermobility. Microcirculation was recorded using a dopplerography (Minimax-Doppler-K). The parameters of average linear blood flow velocities, resistance and pulsation indexes were analyzed.

Results. The subjects of group 2 had an average linear systolic blood flow velocity (Vas) lower by 37% ($p < 0.05$) and a pulsation index higher by 24% compared to the subjects of group 1. Gymnasts with pronounced signs of hypermobility also showed statistically significant correlations of linear systolic blood flow velocity with systolic blood pressure ($r = 0.673$) and heart rate ($r = 0.697$).

Conclusion. Gymnasts with pronounced signs of joint hypermobility showed changes in the elastic properties of blood vessels.

ОСОБЕННОСТИ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ И ЕЕ РЕГУЛЯТОРНЫХ МЕХАНИЗМОВ У РАБОТНИКОВ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ

Ященко Ю.В., Тихомирова И.А.

ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет

им. К.Д. Ушинского», Ярославль, Россия

yura.yashchenko1998@yandex.ru

Целью данного исследования было изучить состояние микроциркуляции и ее регуляторных механизмов у работников пожарной охраны.

Методы. Состояние микроциркуляции и ее регуляторных механизмов оценивали методом лазерной доплеровской флоуметрии. Аанализатор «ЛАЗМА-ПФ» (НПП «ЛАЗМА», Россия) фиксировали на предплечье у работников пожарной охраны в возрасте от 27 до 59 лет со стажем работы от 2 до 38 лет. Резервные возможности микрокровотока определяли с помощью дыхательной и окклюзионной пробы.

Результаты. С увеличением стажа работы в пожарной охране отмечено интенсификация микрокровотока в покое, о чем свидетельствуют тесные корреляционные взаимосвязи показателей стажа с показателями перфузии ($r=0,894$) и нутритивного кровотока ($r=0,867$). Резервные возможности микроциркуляции у лиц с длительным стажем работы в пожарной охране были снижены, а время полувосстановления кровотока после окклюзии – более продолжительным, чем у лиц с небольшим стажем работы. Зафиксирована обратная корреляционная зависимость показателя альфа, который отражает количество функционирующих артериол, с показателями стажа ($r=-0,541$).

Заключение. Длительное воздействие экстремальных условий труда (высоких температур, токсичных продуктов горения и т.д.) способствует формированию адаптационных механизмов функционирования системы микроциркуляции, направленных на оптимизацию терморегуляторной функции кожи за счет интенсификации кожного микрокровотока.

FEATURES OF MICROCIRCULATION AND ITS REGULATORY MECHANISMS IN FIREFIGHTERS

Yashchenko Yu.V., Tikhomirova I.A.

Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky, Yaroslavl, Russia

yura.yashchenko1998@yandex.ru

The aim of this study was to examine the state of microcirculation and its regulatory mechanisms in firefighters.

Methods. The state of microcirculation and its regulatory mechanisms were assessed using laser Doppler flowmetry. The LAZMA-PF analyzer (NPP LAZMA, Russia) was fixed on the forearm of firefighters aged 27 to 59 years with 2 to 38 years of work experience. The reserve capacity of microcirculation was determined using a respiratory and occlusion test.

Results. With increasing length of experience in the fire service, an intensification of microcirculation at rest was noted, as evidenced by close correlations between length of service parameters with perfusion ($r=0.894$) and nutritive blood flow ($r=0.867$) indicators. The reserve capacity of microcirculation in persons with long-term experience in the fire service was reduced, and the half-recovery time of blood flow after occlusion was longer than that in persons with short service. An inverse correlation was recorded between the alpha indicator, which reflects the number of functioning arterioles, and length of service indicators ($r=-0.541$).

Conclusion. Long-term exposure to extreme working conditions (high temperatures, toxic combustion products, etc.) contributes to the formation of adaptive mechanisms for the functioning of the microcirculation system, aimed at optimizing the thermoregulatory function of the skin by intensifying cutaneous microcirculation.

ВЛИЯНИЕ АЭРОБНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ НА АРТЕРИАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ И ПЕРФУЗИЮ ТКАНЕЙ

Остроумов Р.С.

ФГКВОУ ВО «Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны имени Маршала Советского Союза Л.А. Говорова»

Введение. Известно, что оксигенация тканей зависит как от объемного кровотока в магистральных сосудах, так и особенно от микроциркуляции (Baskurt, O.K., Meiselman H.J., 2003. Semin Thromb Hemost. 29(5), 435-50. doi: 10.1055/s-2003-44551).

Целью исследования был сравнительный анализ величин артериального давления, максимального потребления кислорода (МПК) и микрососудистой перфузии тканей (МП) у лиц с разным уровнем обеспеченности организма кислородом.

Методы. У лиц трех групп, разделенных по МПК, определяли его величину при нагрузочном тестировании (на велоэргометре), с помощью метаболографа «Спиrolан-м». Артериальное давление (АД) измеряли общепринятым способом. Микрососудистую перфузию тканей оценивали методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛАЗМА-ПФ (Россия)).

Результаты. Анализ данных показал, что не было достоверных различий АД у лиц в трех сравниваемых группах. Вместе с тем разница МПК между лицами группы 1 (группа сравнения) и группы 2, составила 20% ($p<0,05$), а с данными группы 3 – 41% ($p<0,01$). Такие же векторы различий были выявлены при оценке изменений МП в трех сравниваемых группах. Относительно величины МП в группе 1 разница была 18% у лиц группы 2 и 40% ($p<0,05$), соответственно.

Заключение. Результаты исследования показали, что более высокий уровень обеспечения организма кислородом не сопровождается существенными изменениями АД. Тогда как более высокие величины МПК у лиц 2 и 3 групп сочетались с примерно такими же положительными адаптивными сдвигами микрососудистой перфузии тканей.

EFFECT OF AEROBIC PERFORMANCE ON BLOOD PRESSURE AND TISSUE PERFUSION

Ostroumov R.S.

Yaroslavl Higher Military School of Air Defense, Yaroslavl, Russia

Introduction. Aerobic capacity or VO_2 max is often used to assess endurance. Blood pressure (BP) is the pressure of blood on the walls of blood vessels. Perfusion is the circulation of blood and the maintenance of vital functions of tissues and organs. **The aim** the study compared groups of athletes with different VO_2 max, their blood pressure, and tissue perfusion parameters.

Methods. In individuals of three groups, divided by the amount of maximum oxygen consumption (MPC). MPC was determined during load testing on a Monark 928 E bicycle ergometer (Sweden) using a Spirolan-m metabolograph (model PTS-14P-01, Russia). Arterial pressure (BP) was measured in a sitting position after a 10-minute rest using a semi-automatic Microlife BP 3AS1-2 pressure gauge (Switzerland). Tissue perfusion was recorded by laser flowmetry (LDF) using a LASMA-PF device (Russia).

Results. When blood pressure (BP) was recorded, no differences were found in group 1 (the comparison group) with group 2 and, interestingly, with group 3 with the highest aerobic potential. When recording microcirculation parameters, differences were revealed between groups of people with different levels of oxygen supply to the body. Thus, when measuring blood flow using the LDF method, significant differences between the groups were recorded.: 1) the integral microvascular perfusion index between group 2 and control (group 1) was 18% ($p<0.05$), and with individuals in group 3 – 40% ($p<0.01$).

Conclusion. The results of the study showed that a higher level of oxygen supply to the body does not affect blood pressure, but at the same time due to an increase in the diameter of arteries and arterioles, and due to a perfect capillary bed in people with high BMD, more perfect tissue perfusion.

**РОЛЬ ДОСТИЖЕНИЙ ГЕМОРЕОЛОГИИ И МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ В
СОВРЕМЕННОЙ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ****Поляков А.С.¹, Тыренко В.В.¹, Дедовская А.А.²**¹ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М.Кирова» МО РФ, Санкт-Петербург, Россия²ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россияhempref@mail.ru

Цель работы состояла в оценке практического значения научных достижений в области гемореологии и микроциркуляции в современной гематологии.

Методы. Анализ учебной, научной и методической литературы, нормативно-правовых документов, рекомендаций и стандартов оказания помощи, анализ клинической практики в области диагностики и лечения заболеваний и новообразований системы крови.

Результаты. Установлено, что в актуальной учебной, научной и методической литературе уделяется недостаточно внимания рассмотрению патогенетических основ и клинической картины заболеваний и новообразований системы крови в контексте изменений реологии крови и состояния микроциркуляции. Нормативно-правовые документы, клинические и национальные рекомендации, стандарты в области оказания помощи при заболеваниях и новообразованиях системы крови не содержат рекомендаций по применению методов инструментальной и лабораторной оценки гемореологических параметров и состояния микроциркуляции.

Заключение. Роль и место методов лабораторной и инструментальной оценки гемореологических параметров и состояния микроциркуляции в современной гематологической практике очень ограничены. Необходима дальнейшая популяризация соответствующих знаний и внедрение методов гемореологии и микроциркуляции в гематологическую практику.

**THE ROLE OF ADVANCES IN HEMORHEOLOGY AND MICROCIRCULATION IN MODERN
HEMATOLOGY PRACTICE****Polyakov A.S.¹, Tyrenko V.V.¹, Dedovskaya A.A.²**¹Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia²St. Petersburg State Pediatric Medical University, St. Petersburg, Russiaalexei.47@mail.ru

The aim was to assess the practical significance of scientific achievements in the field of hemorheology and microcirculation in modern hematology.

Methods. Analysis of educational, scientific and methodological literature, regulatory documents, guidelines, analysis of clinical practice in the field of diagnosis and treatment of diseases and neoplasms of the blood system.

Results. Results. It has been established that the current educational, scientific and methodological literature does not pay enough attention to the consideration of the pathogenesis and clinical picture of blood diseases and neoplasms in the context of changes in blood rheology and microcirculation. Regulatory documents, clinical and national recommendations, and standards in the field of care for diseases and neoplasms of the blood system do not contain recommendations on the use of methods for instrumental and laboratory assessment of hemorheological parameters and microcirculation.

Conclusion. The role of laboratory and instrumental assessment methods for hemorheological parameters and microcirculation in modern hematology practice is very limited. It is necessary to further popularize relevant knowledge and introduce methods of hemorheology and microcirculation into hematology practice.

НАРУШЕНИЯ КИСЛОРОДЗАВИСИМЫХ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМЫ ГЕМОСТАЗА ПРИ РАЗВИТИИ ТРАНЗИТОРНОЙ ИШЕМИЧЕСКОЙ АТАКИ, КОМОРБИДНОЙ С ХРОНИЧЕСКОЙ ИШЕМИЕЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Нечипуренко Н.И.¹, Пашковская И.Д.¹, Степанова Ю.И.², Прокопенко Т.А.¹

¹ ГУ «Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии», Минск, Беларусь

² УО «Научно-исследовательский институт экспериментальной и клинической медицины Белорусского государственного медицинского университета», Минск, Беларусь
prof_nin@mail.ru

Цель – изучить показатели углеводно-энергетического обмена, про-, антиоксидантной системы, первичного и вторичного гемостаза у пациентов с транзиторной ишемической атакой (ТИА), коморбидной с хронической ишемией мозга (ХИМ).

Методы. Все биохимические показатели исследованы у 57 пациентов с ТИА и ХИМ в первые 2-3 ч госпитализации и 22 здоровых лица.

Результаты. У пациентов с ТИА и ХИМ наблюдаются гиперлактатемия с повышением соотношения лактат/пируват, значимое снижение активности супероксиддисмутазы (СОД), возрастание тромбин-зависимой агрегации тромбоцитов на 20% ($p=0,001$) и концентрации ингибитора активатора плазминогена 1 типа ($p=0,049$) без существенных нарушений плазменного гемостаза. Определение пороговых значений и диагностической информативности изученных показателей с помощью ROC-анализа позволило установить ряд биохимических маркеров с высокой диагностической значимостью, в частности: соотношение лактат/пируват, активность СОД, степень тромбин-зависимой агрегации.

Заключение. Исследования позволили расширить представления о патофизиологической структуре ТИА с ХИМ, установить функциональные нарушения эндотелия и выявить маркеры развития данной патологии в первые сутки госпитализации пациентов.

DISORDERS OF OXYGEN-DEPENDENT PROCESSES AND HEMOSTASIS SYSTEM AT THE TRANSIENT ISCHEMIC ATTACK, COMORBID WITH CHRONIC CEREBRAL ISCHEMIA

Nechipurenko N.I.¹, Pashkouskaya I.D.¹, Stepanova J.I.², Prokopenko T.A.¹

¹ Republican Research and Clinical Center of Neurology and Neurosurgery, Minsk, Belarus

² Scientific-Research Institute of Experimental and Clinical Medicine of the Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus
irenapass@mail.ru

The aim is to study the parameters of carbohydrate-energy metabolism, pro-, antioxidant system, primary and secondary hemostasis in patients with transient ischemic attack (TIA), comorbid with chronic cerebral ischemia (CCI).

Methods. All biochemical parameters were studied in 57 patients with TIA and CCI at the first 2-3 hours of hospitalization and in 22 healthy individuals.

Results. Patients with TIA and CCI have hyperlactatemia with increasing of lactate/pyruvate ratio, a significant superoxide dismutase (SOD) activity decrease, enlargement of thrombin-dependent platelet aggregation by 20% ($p=0.001$) and plasminogen activator inhibitor type 1 concentration ($p=0.049$) without secondary hemostasis disturbances. Determination of threshold values and diagnostic information content of the studied parameters using ROC analysis allowed to establish the biochemical markers with high diagnostic significance: lactate/pyruvate ratio, SOD activity, area under the aggregation curve.

Conclusion. The investigation allowed to expand our understanding pathophysiological structure of TIA with CCI, to establish endothelium functional disorders and identify markers of the development this pathology on the first day of patients hospitalization.

НАРУШЕНИЯ ФУНКЦИИ ЭНДОТЕЛИЯ И СИСТЕМЫ ГЕМОСТАЗА ПРИ ЦЕРЕБРАЛЬНОМ АТЕРОСКЛЕРОЗЕ, АССОЦИИРОВАННОМ С ХРОНИЧЕСКОЙ ИШЕМИЕЙ МОЗГА

Пашковская И.Д., Нечипуренко Н.И., Новикова Л.Н., Юдицкая В.М.

ГУ «Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии», Минск, Беларусь

irenapass@mail.ru

Цель – провести сравнительный анализ показателей липидограммы, уровня молекул клеточной адгезии эндотелиальных клеток, агрегации тромбоцитов и гемостазиограммы у пациентов со стенозирующим атеросклерозом, ассоциированным с хронической ишемией мозга (ХИМ) и без ХИМ.

Методы. Обследован 31 пациент с атеросклерозом с формированием основной (с клиническими проявлениями ХИМ, n=18) и группы сравнения (без ХИМ, n=13). Артериальная гипертензия выявлена у 72% пациентов основной группы против 23% – группы сравнения (p=0,02). По данным ультразвукового исследования брахиоцефальных артерий у всех пациентов обеих групп выявлены атеросклеротические бляшки во внутренней сонной артерии с максимальной степенью стеноза до 30 (25; 50)%. Изучали показатели липидного спектра, концентрацию молекул межклеточной адгезии – 1 (ICAM-1) и фактор роста эндотелия (VEGF), агрегацию тромбоцитов и параметры вторичного гемостаза. За норму приняты показатели крови 20 практически здоровых лиц.

Результаты. При сравнительном анализе МРТ данных установлено, что в основной группе у 100% пациентов выявлена церебральная микроангиопатия (ЦМА) против 46% – в группе сравнения (p=0,002). В обеих группах наблюдаются гиперлипидемия, достоверное возрастание концентрации ICAM-1 относительно нормы. У пациентов основной группы выявлено существенное повышение степени агрегации тромбоцитов при использовании индуктора агрегации АДФ, содержания фибриногена и VEGF на 58%.

Заключение. У всех пациентов с клиническими проявлениями ХИМ на фоне стенозирующего атеросклероза обнаружено развитие ЦМА, сопровождаемая повышением атерогенного и тромбогенного потенциалов крови, адгезионной активности эндотелиальных клеток, ростом проницаемости сосудистой стенки.

DISORDERS OF ENDOTHELIAL FUNCTION AND HEMOSTASIS SYSTEM IN CEREBRAL ATHEROSCLEROSIS AND WITH CHRONIC CEREBRAL ISCHEMIA

Pashkouskaya I.D., Nechipurenko N.I., Novikova L.N., Yuditskaya V.M.

Republican Research and Clinical Center of Neurology and Neurosurgery, Minsk, Belarus

irenapass@mail.ru

The aim of this study was to conduct a comparative analysis of lipidogram parameters, the level of endothelial cell adhesion molecules, platelet aggregation and hemostasiogram in patients with stenosing atherosclerosis, associated with chronic cerebral ischemia (CCI) and without CCI.

Methods. A 31 patients with atherosclerosis were examined, with the formation of the main group (with clinical manifestations of CCI, n=18) and the comparison group (without CCI, n=13). All patients had atherosclerotic plaques in the internal carotid artery with a stenosis degree to 30 (25; 50)%. Lipid spectrum parameters, ICAM-1 and VEGF concentrations, platelet aggregation and secondary hemostasis parameters were studied.

Results. MRI showed that 100% of patients in the main group had cerebral microangiopathy (CMA) versus 46% in the comparison group (p=0.002). Both groups showed hyperlipidemia and a significant increase in ICAM-1 concentration relative to the norm. Patients in the main group showed an increase in the degree of platelet aggregation when using the ADP aggregation inducer, and fibrinogen and VEGF content by 58%.

Conclusion. Patients in the main group showed the development of CMA, accompanied by an increase in the atherogenic and thrombogenic potential of the blood, as well as the adhesive activity of endothelial cells, and an increase in the permeability of the vascular wall.

ВЛИЯНИЕ ОСМОТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭРИТРОЦИТОВ ЦЫПЛЯТ ПОД ДЕЙСТВИЕМ АНТИМИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ И КОРМОВОЙ ДОБАВКИ**Присный А.А.^{1,2}, Потапова М.С.², Чуркина Я.В.²**¹ФГБНУ «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук», Белгородский филиал, Белгород, Россия²ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, Россияandreyprisny@gmail.ru

Целью данного исследования было изучение влияния антимикробных препаратов и аминокислотной кормовой добавки на морфометрические показатели эритроцитов цыплят в условиях осмотической нагрузки.

Методы. Осуществлены три серии экспериментов, в ходе которых цыплята в течение пяти суток получали с водой: препараты из группы сульфаниламидов (группа 1), препараты из группы нитрофуранов (группа 2), комплекс аминокислот (группа 3). По окончании выпаивания определяли морфометрические параметры эритроцитов и эритроцитарных ядер.

Результаты. Установлено, что наименьшие изменения морфометрических параметров в гипотонической среде показали эритроциты птиц опытных групп по сравнению с интактной. Изменение площадей клеток и ядер под влиянием осмотической нагрузки приводило к колебаниям ядерно-цитоплазматического отношения, что особенно выражено в группе 2. У цыплят группы 3 отмечена синхронность реакций клетки и ядра.

Заключение. Использование внутриклеточного мембранного бассейна и изменения, связанные с транспортом ионов и воды, предотвращают гемолиз и позволяет регулировать объем ядер при агрессивном действии фармакологических агентов.

EFFECT OF OSMOTIC LOAD ON MORPHOMETRIC PARAMETERS OF CHICKEN ERYTHROCYTES UNDER THE INFLUENCE OF ANTIMICROBIAL DRUGS AND FEED ADDITIVES**Prisnyi A.A.^{1,2}, Potapova M.S.², Churkina Y.V.²**¹Federal Scientific Centre – All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine named after K. I. Scriabin and Ya. R. Kovalenko", Belgorod, Russia²Belgorod National Research University, Belgorod, Russiaandreyprisny@gmail.ru

The aim of this study was to study the effect of antimicrobial drugs and amino acid feed additives on the morphometric parameters of chicken erythrocytes under osmotic stress.

Methods. Three series of experiments were carried out, during which chickens were treated with water for five days: preparations from the sulfonamide (group 1), preparations from the nitrofurantoin (group 2), and a complex of amino acids (group 3). At the end of the experiment, morphometric parameters of erythrocytes and erythrocyte nuclei were determined.

Results. It was found that the smallest changes in morphometric parameters in the hypotonic environment were demonstrated by the erythrocytes of birds of the experimental groups compared with the intact one. Changes in the areas of cells and nuclei under the influence of osmotic load led to fluctuations in the nuclear-cytoplasmic ratio. This was especially pronounced in group 2. In group 3 erythrocytes, synchronicity of cell and nucleus reactions was noted.

Conclusion. The use of an intracellular membrane pool and changes associated with the transport of ions and water prevent hemolysis and allow for the regulation of the volume of nuclei under the aggressive action of pharmacological agents.

ПРОНИЦАЕМОСТЬ ЭРИТРОЦИТАРНОЙ МЕМБРАНЫ В. BOMBINA В УСЛОВИЯХ РАЗНЫХ ТЕМПЕРАТУР ИНКУБАЦИИ**Рощупкина И.С.^{1,2}, Чернявских С.Д.¹**¹ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, Россия²ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных», Белгород, Россияroshupkina.is@yandex.ru

Целью исследования было изучение проницаемости мембраны эритроцитов *B. bombina* в условиях разных температур инкубации в опытах *in vitro*.

Методы. Оценка проницаемости эритроцитарных мембран была проведена с использованием метода мочевинового гемолиза. Соотношение раствора мочевины (1,8%) и физраствора в 1, 2, 3, 4, 5, 6 и 7 разведениях составляло соответственно 40:60, 45:55, 50:50, 55:45, 60:40, 65:35 и чистый раствор мочевины (100% гемолиз). Кровь *B. bombina* инкубировали в течение 120 мин при контрольной (20°C), пониженной (5°C) и повышенной (40°C) температурах в условиях *in vitro*.

Результаты. Установлено, что у эритроцитов *B. bombina* проницаемость мембраны динамично увеличивалась с 1 по 6 разведение при пониженной и повышенной температурах инкубации в 4,8 и 3,5 раза. При контрольной температуре инкубации динамичное увеличение показателя проницаемости мембраны эритроцитов отмечали с 1 по 3 разведение в 2,1 раза, в 4 разведении произошло его снижение в 2,3 раза по сравнению с 3 разведением, в 5 и 6 разведениях значение изучаемого показателя увеличилось на 53,2% и 49,2% соответственно по сравнению с 4 разведением.

Заключение. При пониженной до 5°C и повышенной до 40°C температурах инкубации клеток крови с повышением концентрации мочевины (до 1,8%) регистрировали динамичное увеличение проницаемости эритроцитарной мембраны *B. bombina*, при температуре 20°C – однозначной динамики не установлено.

PERMEABILITY OF THE ERYTHROCYTE MEMBRANE OF B. BOMBINA AT DIFFERENT INCUBATION TEMPERATURES**Roshchupkina I.S.¹, Chernyavskikh S.D.¹**¹Belgorod State National Research University, Belgorod, Russiaroshupkina.is@yandex.ru

The aim of the study was to study the permeability of the erythrocyte membrane of *B. bombina* under conditions of different incubation temperatures in *in vitro* experiments.

Methods. The permeability of erythrocyte membranes was assessed using the method of urea hemolysis. The ratio of urea solution (1.8%) and saline solution in 1, 2, 3, 4, 5, 6 and 7 dilutions were respectively 40:60, 45:55, 50:50, 55:45, 60:40, 65:35 and a pure urea solution (100% hemolysis). *B. bombina* blood was incubated for 120 min at control (20 °C), lowered (5 °C) and elevated (40 °C) temperatures *in vitro*.

Results. It was found that in *B. bombina* erythrocytes, membrane permeability increased dynamically from 1 to 6 dilutions at low and elevated incubation temperatures by 4.8 and 3.5 times. At the control incubation temperature, a dynamic increase in the erythrocyte membrane permeability was observed from dilution 1 to 3 by 2.1 times, in dilution 4 it decreased by 2.3 times compared to dilution 3, in dilutions 5 and 6 the value of the studied indicator increased by 53.2% and 49.2%, respectively, compared with dilution 4.

Conclusion. At temperatures of incubation of blood cells lowered to 5 °C and elevated to 40 °C with an increase in urea concentration (up to 1.8%), a dynamic increase in the permeability of the erythrocyte membrane of *B. bombina* was recorded, at a temperature of 20 °C – no unambiguous dynamics was established.

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ И ЕЕ РЕГУЛЯТОРНЫХ МЕХАНИЗМОВ В УСЛОВИЯХ ДОЗИРОВАННОЙ УМСТВЕННОЙ НАГРУЗКИ**Рустамов А.Р.**

ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет

им. К.Д. Ушинского» Ярославль, Россия

a.r.rustamov@yandex.ru

Целью настоящего исследования было изучить влияние дозированной умственной нагрузки на состояние кожного микрокровотока и механизмов его регуляции.

Методы. В исследовании приняли участие 13 праворуких практически здоровых мужчин добровольцев в возрасте от 17 до 20 лет, которые в течение заданного времени выполняли 3 вида умственной деятельности. Состояние микроциркуляции оценивали методом лазерной доплеровской флоуметрии с помощью 2 портативных анализаторов ЛАЗМА-ПФ (НПП «ЛАЗМА», Москва), которые фиксировали симметрично на коже лба.

Результаты. Статистически значимое увеличение перфузии отмечено только в левом полушарии: на 51%, 42% и 50% ($p < 0,05$) при выполнении математического счета, теста Торренса и лепке из пластилина, соответственно. Нутритивный кровоток возрос с обеих сторон, более выраженный прирост зафиксирован для правого полушария (на 76%, 91% и 110%, $p < 0,001$) при счете, выполнении теста Торренса и лепке, соответственно. При математическом счете перераспределение микрокровотока обеспечивалось в основном активацией респираторных колебаний, при выполнении теста Торренса и лепке из пластилина существенно возросли амплитуды респираторных и миогенных осцилляций микроциркуляции в коже левой и правой стороны лба.

Заключение. Дозированные умственные нагрузки приводят к статистически значимому увеличению нутритивного кровотока, росту амплитуд миогенных и дыхательных осцилляций в микроциркуляторном русле кожи лба.

ASSESSMENT OF MICROCIRCULATION PARAMETERS AND ITS REGULATORY MECHANISMS UNDER CONTROLLED MENTAL LOAD**Rustamov A.R.**

Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky, Yaroslavl, Russia

a.r.rustamov@yandex.ru

Title: The Effect of Controlled Mental Load on Cutaneous Microcirculation and its Regulatory Mechanisms.

Methods: The study involved 13 right-handed, practically healthy male volunteers aged 17 to 20 years, who performed 3 types of mental activities for a specified period. Microcirculation status was assessed by laser Doppler flowmetry using 2 portable LAZMA-PF analyzers (NPP "LAZMA," Moscow), which were placed symmetrically on the skin of the forehead.

Results: A statistically significant increase in perfusion was noted only in the left hemisphere: by 51%, 42%, and 50% ($p < 0.05$) during mathematical calculation, the Torrance test, and clay modeling, respectively. Nutritive blood flow increased on both sides, with a more pronounced increase recorded for the right hemisphere (by 76%, 91%, and 110%, $p < 0.001$) during calculation, the Torrance test, and clay modeling, respectively. During mathematical calculation, the redistribution of microcirculation was mainly provided by activation of respiratory oscillations, while performing the Torrance test and clay modeling significantly increased the amplitudes of respiratory and myogenic oscillations of microcirculation in the skin of the left and right sides of the forehead.

Conclusion: Controlled mental loads lead to a statistically significant increase in nutritive blood flow and an increase in the amplitudes of myogenic and respiratory oscillations in the microcirculatory bed of the forehead skin.

ОСОБЕННОСТИ РИТМОГРАММЫ СТУДЕНТОК, ПРОЖИВАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИЯХ С РАЗНЫМИ ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ**Скорозвон М.С.¹, Чернявских С.Д.¹**¹ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, Россия*Skorozvon@bsuedu.ru*

Целью исследования было изучение ритмограммы студенток, проживающих на территориях с разными экологическими условиями.

Методы. Был проведен анализ ритмограммы студенток по показателям R-R min, R-R max, RRNN, SDNN, RMSSD и pNN50, полученным с помощью программного обеспечения «Поли-Спектр-Ритм» (ООО «Нейрософт», г. Иваново). Студентки контрольной I группы проживали в Чернянском районе, опытной II – в Шебекинском городском округе Белгородской области.

Результаты. Установлено, что у испытуемых II группы показатели R-R min и R-R max были выше на 13,66% и 12,21% ($p < 0,05$) в сравнении с испытуемыми из I группы. Значение показателя RMSSD, характеризующего контроль парасимпатического отдела ВНС над ритмичностью синусно-предсердного узла проводящей системы сердца, было выше на 43,13% ($p < 0,05$), чем в контроле. Показатель, характеризующий долю соседних «нормальных» интервалов R-R (pNN50) во II группе испытуемых был также выше, чем в I – на 40,22% ($p < 0,05$).

Заключение. Установлено, что у испытуемых из Шебекинского городского округа показатели R-R min и R-R max, RMSSD, pNN50 были выше, чем у студенток из Чернянского района Белгородской области, характеризующихся уравниженностью симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы.

FEATURES OF THE RHYTHMOGRAM OF FEMALE STUDENTS LIVING IN TERRITORIES WITH DIFFERENT ENVIRONMENTAL CONDITIONS**Skorozvon M.S.¹, Chernyavskikh S.D.¹**¹Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia*Skorozvon@bsuedu.ru*

The aim The purpose of the study was to study the rhythmograms of female students living in territories with different environmental conditions.

Methods. The rhythmogram of female students was analyzed according to the indicators R-R min, R-R max, RRNN, SDNN, RMSSD and pNN50 obtained using the software "Poly-Spectrum-Rhythm" (LLC "Neurosoft", Ivanovo). The students of the control group I lived in the Chernyansky district, the experimental group II – in the Shebekinsky urban district of the Belgorod region.

Results. It was found that the R-R min and R-R max values in the subjects of group II were higher by 13.66% and 12.21% ($p < 0.05$) compared with the subjects from group I. The value of the RMSSD index, which characterizes the control of the parasympathetic division of the ANS over the rhythmicity of the sinus-atrial node of the cardiac conduction system, was 43.13% higher ($p < 0.05$) than in the control. The indicator characterizing the proportion of neighboring "normal" R-R intervals (pNN50) in the II group of subjects was also higher than in the I – by 40.22% ($p < 0.05$).

Conclusion. It was found that the subjects from the Shebekinsky urban district had higher R-R min and R-R max, RMSSD, pNN50 than the students from the Chernyansky district of the Belgorod region, characterized by the balance of the sympathetic and parasympathetic parts of the autonomic nervous system.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕЗЕНХИМНЫХ СТЕЛОВЫХ КЛЕТОК ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МОЗГОВОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ ПОСЛЕ ТРАНЗИТОРНОЙ ИШЕМИИ

Соколова И. Б.

Институт физиологии им. И. П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия

SokolovaIB@infran.ru

Цель: показать эффективность трансплантации мезенхимных стволовых клеток (МСК) при восстановлении мозговой циркуляции у крыс после транзиторной ишемии (ТИ).

Методы. Работа проведена на крысах - самцах Wistar. Было сформировано 3 группы: № 1 - ложнооперированные (ЛО) крысы, № 2 - крысы после ТИ, № 3 – крысы после ТИ и введения МСК. Модель ТИ: 12-минутное пережатие сонных артерий с понижением АД до 45 мм рт. ст. МСК вводили в хвостовую вену через 2 часа после ТИ. Через 21 сутки прижизненно изучали параметры циркуляции в коре головного мозга с помощью многофункционального лазерного диагностического комплекса ЛАКК-М.

Результаты. В группе № 2 перфузия (ПМ) и среднееквадратичное отклонение ($\sigma_{\text{пм}}$) были снижены в 1,2 раза и в 1,3 раза соответственно по сравнению с ЛО. Эндотелиальная $A_{\text{норм}}$ (нормированная амплитуда колебаний сосудистой стенки) в группе № 2 снижалась в 1,3 раза, а эндотелиальный тонус (Т) повышался в 1,5 раза; нейрогенная $A_{\text{норм}}$ снижалась в 1,3 раза, а нейрогенный Т повышался в 1,3 раза; миогенный Т повышался в 1,4 раза относительно ЛО. После ТИ значительно снижался уровень сатурации крови микроциркуляторного русла (SO_2) и повышался индекс относительной перфузионной сатурации кислорода в микрокровоотоке (Sm). В группе № 3 все вышеназванные параметры соответствовали таковым у ЛО крыс.

Заключение. Внутривенная трансплантация МСК, проведенная в день моделирования ТИ, через 21 сутки позволила полностью сохранить и/или восстановить циркуляцию в коре головного мозга на уровне контрольных животных.

EFFICACY OF MESENCHYMAL STEM CELL APPLICATION FOR THE RESTORATION OF CEREBRAL CIRCULATION AFTER TRANSIENT ISCHEMIA

I. B. Sokolova

Pavlov Institute of Physiology, Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

SokolovaIB@infran.ru

Objective: To demonstrate the effectiveness of mesenchymal stem cell (MSC) transplantation in restoring cerebral circulation in rats after transient ischemia (TI). **Methods:** The study was conducted on male Wistar rats divided into three groups: Group 1 – sham-operated (SO) rats, Group 2 – rats after TI, Group 3 – rats after TI and MSC administration. The TI model involved a 12-minute occlusion of the carotid arteries with a reduction in blood pressure to 45 mmHg. MSCs were injected into the tail vein 2 hours after TI. Twenty-one days later, cerebral circulation parameters in the cortex were assessed in vivo using the multifunctional laser diagnostic system LAKK-M.

Results: In Group 2, perfusion (PM) and its standard deviation (σ_{pm}) were reduced by 1.2 and 1.3 times respectively compared to the SO group. Endothelial A_{norm} (normalized amplitude of vascular wall oscillations) in Group 2 was decreased by 1.3 times, while endothelial tone (T) increased by 1.5 times; neurogenic A_{norm} decreased by 1.3 times and neurogenic T increased by 1.3 times; myogenic T increased by 1.4 times compared to SO. After TI, there was a significant decrease in microcirculatory blood oxygen saturation (SO_2) and an increase in the relative perfusion oxygen saturation index (Sm). In Group 3, all aforementioned parameters were comparable to those in the SO group. **Conclusion:** Intravenous transplantation of MSCs performed on the day of TI modeling allowed for complete preservation and/or restoration of cerebral cortical circulation to control levels by day 21 post-ischemic event.

ДЕЙСТВИЕ РАЗНЫХ ТЕМПЕРАТУР ИНКУБАЦИИ НА МИКРОВЯЗКОСТЬ МЕМБРАНЫ ЭРИТРОЦИТОВ *C. CARPIO*

Чернявских С.Д.¹

¹ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, Россия
Chernyavskikh@bsuedu.ru

Целью исследования было изучение относительной микровязкости мембран эритроцитов *C. carpio* после инкубации при разных температурах.

Методы. Была проведена оценка относительной микровязкости мембран эритроцитов в зонах белок-липидных контактов $Fe/Fm_{(286)}$ и в липидном бислое $Fe/Fm_{(334)}$ методом латеральной диффузии гидрофобного зонда пирена ($C_{16}H_{10}$). Кровь рыб инкубировали в течение двух часов при контрольной (20°C), пониженной (5°C) и повышенной (40°C) температурах.

Результаты. Установлено, что у *C. carpio* как снижение до 5°C, так и повышение до 40°C температуры инкубации способствовало уменьшению коэффициента эксимеризации пирена $Fe/Fm_{(334)}$, характеризующего микровязкость липидного бислоя эритроцитарных мембран на 21,05% ($p < 0,05$) и 44,42% ($p < 0,05$), соответственно, по сравнению с инкубацией клеток при температуре 20°C. Значение коэффициента $Fe/Fm_{(286)}$, характеризующего микровязкость мембраны в зоне белок-липидных контактов, также было ниже на 26,16% ($p < 0,05$) и 52,26% ($p < 0,05$), как после снижения, так и после повышения температуры экспозиции красных клеток крови *C. carpio*, чем в контроле.

Заключение. Снижение до 5°C и повышение до 40°C температуры инкубации клеток крови способствовало уменьшению коэффициентов относительной микровязкости мембраны эритроцитов *C. carpio* по сравнению с инкубацией клеток при контрольной температуре (20°C).

THE EFFECT OF DIFFERENT INCUBATION TEMPERATURES ON THE MICROVISCOSITY OF THE ERYTHROCYTE MEMBRANE OF *C. CARPIO*

Chernyavskikh S.D.¹

¹Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia
Chernyavskikh@bsuedu.ru

The aim of the study was to study the relative microviscosity of *C. carpio* erythrocyte membranes after incubation at different temperatures.

Methods. The relative microviscosity of erythrocyte membranes in the zones of protein-lipid contacts $Fe/Fm_{(286)}$ and in the lipid bilayer $Fe/Fm_{(334)}$ was evaluated by lateral diffusion of a hydrophobic pyrene probe ($C_{16}H_{10}$). Fish blood was incubated for two hours at control (20°C), low (5°C) and elevated (40°C) temperatures.

Results. It was found that in *C. carpio*, both a decrease to 5°C and an increase to 40°C in incubation temperature contributed to a decrease in the pyrene eximerization coefficient $Fe/Fm_{(334)}$, which characterizes the microviscosity of the lipid bilayer of erythrocyte membranes by 21.05% ($p < 0.05$) and 44.42% ($p < 0.05$), respectively, compared with cell incubation at a temperature of 20°C. The value of the $Fe/Fm_{(286)}$, which characterizes the microviscosity of the membrane in the zone of protein-lipid contacts, was also lower by 26.16% ($p < 0.05$) and 52.26% ($p < 0.05$), both after a decrease and after an increase in the exposure temperature of *C. carpio* red blood cells than in the control.

Conclusion. A decrease to 5°C and an increase to 40°C in the incubation temperature of blood cells contributed to a decrease in the relative microviscosity coefficients of the erythrocyte membrane of *C. carpio* compared with the incubation of cells at a control temperature (20°C).

ИЗУЧЕНИЕ РОЛИ ФОРМЫ ЭРИТРОЦИТОВ В МЕХАНИЗМЕ ИХ АГРЕГАЦИИ**Шереметьев Ю.А.**

ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» МЗ России, Нижний Новгород (Россия)

ya.sher777@rambler.ru

Целью данного исследования явилось изучение роли формы эритроцитов в механизме их агрегации.

Методы. Методом световой микроскопии изучен процесс агрегации эритроцитов человека. Суспензию отмытых эритроцитов помещали на предметное стекло. В каплю суспензии опускали объектив 100^x и при общем увеличении 1000^x изучали процесс агрегации эритроцитов после добавления к ним аутологичной плазмы и 3% раствора декстрана 70 кДа.

Результаты. При помещении суспензии эритроцитов между двумя стеклянными поверхностями эритроциты наблюдали эффект стекла: эритроциты теряют свою двояковогнутую дискоидальную форму и превращаются в эхиноциты. После добавления аутологичной плазмы к эхиноцитам и интенсивного перемешивания происходило превращение их в дискоциты, а затем в стоматоциты. После этого стоматоциты объединяются в агрегаты в виде монетных столбиков. Добавление к эхиноцитам раствора декстрана 70 не приводило к изменению их формы и агрегации клеток. В то же время добавление альбумина к эхиноцитам восстанавливало дискоидальную форму клеток и превращало их в стоматоциты. Выяснено, что после добавления раствора декстрана 70 к стоматоцитам происходила их сильная агрегация. Обработка эхиноцитов трипсином не восстанавливала форму эритроцитов, но вызывала сильную агрегацию эхиноцитов, индуцированную декстраном 70.

Заключение. Таким образом полученные нами данные свидетельствуют о том, что перед агрегацией эритроцитов в аутологичной плазме и растворе декстрана 70 происходит трансформация формы эритроцитов: дискоциты превращаются в стоматоциты. Можно предположить, что образование стоматоцитов связано с напряжением сдвига (в нашем случае с интенсивным перемешиванием).

THE STUDY OF THE ROLE OF ERYTHROCYTE SHAPE IN THE MECHANISM OF THEIR AGGREGATION**Sheremet'ev Yu .A.**

Volga Region Research Medical University, Ministry of Health of Russia, Nizhny Novgorod (Russia)

ya.sher777@rambler.ru

The aim of this study was to study the role of the shape of red blood cells in the mechanism of their aggregation.

Methods. The process of aggregation of human erythrocytes has been studied by microscopy.

Results. When a suspension of red blood cells was placed between two glass surfaces of red blood cells, the glass effect was observed: red blood cells lose their biconcave discoidal shape and turn into echinocytes. After adding autologous plasma to the echinocytes and intensive mixing, they were converted into discocytes, and then into stomatocytes. After that, the stomatocytes are combined into aggregates in the form of rouleaux. The addition 3% of dextran 70 solution to echinocytes did not lead to a change in their shape and cell aggregation. At the same time, the addition of albumin to echinocytes restored the discoidal shape of the cells and turned them into stomatocytes. It was found that after adding dextran 70 solution to the stomatocytes, their strong aggregation occurred.

Conclusion. Thus, our data indicate that before the aggregation of red blood cells in autologous plasma and dextran 70 solution, the shape of red blood cells is transformed: discocytes turn into stomatocytes.

МЕТОД АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ АГРЕГАЦИИ ЭРИТРОЦИТОВ В АУТОЛОГИЧНОЙ ПЛАЗМЕ КРОВИ**Шереметьев Ю.А.**

ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» МЗ России, Нижний Новгород (Россия)

ya.sher777@rambler.ru

Целью данного исследования была разработка и апробирование метода автоматизированной оценки степени агрегации эритроцитов в аутологичной плазме крови.

Методы. В работе использовали кровь здоровых добровольцев и больных сахарным диабетом 2-ой степени. Кровь в вакуумных пробирках центрифугировали при 3000 об/мин в течение 20 мин. Плазму и клетки белой крови убирали, после чего плазму смешивали с эритроцитами. Каплю 0.25% смеси эритроцитов с плазмой помещали в поле зрения светового микроскопа, с помощью цифровой камеры получали изображение при общем увеличении x200, проводили обработку и анализ изображения с применением алгоритмов компьютерного зрения, визуализировали агрегированные области эритроцитов и отдельные клетки, показатель степени агрегации эритроцитов определяли значением равным отношению площади агрегированных к площади не агрегированных клеток (Шереметьев и др., патент RU 2768194, 2022).

Результаты. Полученные результаты показали, что степень агрегации эритроцитов в аутологичной плазме больных сахарным диабетом 2-ой степени в 2-3 раза выше степени агрегации эритроцитов здоровых добровольцев.

Заключение. Таким образом, результаты проведенного исследования показали, что метод автоматизированной оценки степени агрегации эритроцитов в аутологичной плазме крови является удобным и надежным инструментом измерения агрегации эритроцитов.

A METHOD FOR AUTOMATED ASSESSMENT OF THE DEGREE OF ERYTHROCYTES AGGREGATION IN AUTOLOGOUS BLOOD PLASMA**Sheremet'ev Yu.A.**

FSBEI HE Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia

ya.sher777@rambler.ru

The aim of this study was to develop and test a method for automated assessment of the degree of erythrocyte aggregation in autologous blood plasma.

Methods. The blood of healthy volunteers and patients with diabetes mellitus of the 2 degree was use in the work. Blood in vacuum tubes was centrifuged at 3000 rpm for 20 min. Plasma and white blood cells were removed, after which plasma was mixed with red blood cells. A drop of 0.25% of a mixture of erythrocytes with plasma was placed in the field of view of a light microscope, an image was obtained using a digital camera at a total magnification of x200, image processing and analysis were performed using computer vision algorithms, aggregated areas of erythrocytes and individual cells were visualized, the degree of aggregation of erythrocytes was determined by a value equal to the ratio of the area of aggregated to the area of non-aggregated cells (Sheremet'ev et al., patent RU 2768194, 2022).

Results. The results showed that the degree of erythrocyte aggregation in the autologous plasma of patients with grade 2 diabetes mellitus is 2-3 times higher than the degree of erythrocyte aggregation in healthy volunteers.

Conclusion. Thus, the results of the study showed that the method of automated assessment of the degree of erythrocyte aggregation in autologous blood plasma is a convenient and reliable tool for measuring erythrocyte aggregation.

ПАТОГЕНЕЗ НАРУШЕНИЙ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ ПРИ РЕВМАТИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ**Н.П. Шилкина, И.В. Дряженкова**ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет», Ярославль, Россия
shilkin39@mail.ru

Целью данного исследования было выявление основных патогенетических звеньев микроциркуляторных нарушений при ревматических заболеваниях (РЗ).

Методы включали изучение иммунного статуса, маркеров поражения сосудистой стенки, показателей системы гемостаза, биомикроскопию конъюнктивы глазного яблока, нейроофтальмоскопию, капилляроскопию.

Результаты. Обследовано 330 больных РЗ. Определение общих и парциальных индексов микроциркуляции при биомикроскопии бульбарной конъюнктивы позволило выявить удельный вес периваскулярных, сосудистых и внутрисосудистых изменений. Отмечено генерализованное поражение микрососудов. Прежде всего в процесс вовлекаются посткапилляры и венулы, затем звено обмена-капилляры и далее-артериолы и прекапилляры. Внутрисосудистые изменения характеризовались агрегацией эритроцитов, замедлением скорости кровотока, развитием стазов, сладжирования и микротромбоваскулитов. Внесосудистые изменения характеризовались появлением периваскулярного отека и геморрагий. Поражения четко коррелировали с иммунопатологическими нарушениями, активацией клеточного и гуморального звеньев иммунитета и повреждением сосудистого эндотелия, активацией тромбоцитарно-сосудистого гемостаза, а также наличием синдрома хронической гиперкоагуляции. Прогрессирование нарушений гемоциркуляции связано с «окислительным стрессом», снижением факторов антиоксидантной защиты крови, фагоцитарных показателей и простаглицина, а также проагрегантным действием тромбоксана и простаглицлинов.

Заключение. Патогенез микроциркуляторных нарушений при РЗ обусловлен иммунными нарушениями с выработкой антител к сосудистому эндотелию, антител к нативной ДНК, к кардиолипинам и антинейтрофильных цитоплазматических антител.

PATHOGENESIS OF MICROCIRCULATORY DISTURBANCES AT RHEUMATIC DISEASES

N.P.Shilkina, I.V.Dryazhenkova

shilkin39@mail.ru

Yaroslavl State Medical University, Yaroslavl, Russia

The aim. To study the basic pathogenetic mechanisms of microcirculatory changes at rheumatic diseases (RD).

Methods. Methods of research included studying the immune status, markers of vascular wall injury, haemostasiological parameters, conjunctival biomicroscopy, neuroophthalmoscopy, nailfold capillaroscopy.

Results. Complex research is executed at 330 RD patients. Definition of general and partial microcirculatory indexes has revealed involving in process first of all postcapillaries and venules with their expansion, enlargement and tortuosity, formation of microaneurysms and occurrence of star venules. Intravascular changes were characterized by erythrocytic aggregation, development of stasis, sludge-phenomenon and microthrombovasculitis, the capillary blood flow decreased. Extravascular changes included occurrence of perivascular hypostasis and hemorrhages.

Conclusion. Pathogenesis of microcirculatory lesions at RD is caused by immune disturbances with development of antibodies to vascular endothelium, native ADN, cardiolipins and antineutrophil cytoplasmatic antibodies.

АВТОРСКИЙ ИНДЕКС

- Адаменя В.Н. 64
 Азнаурова О.В. 67
 Акиньхова И.А. 3
 Акулич Н.В. 18
 Алексеева М.И. 60
 Алиев О.И. 71, 72
 Андожская Ю.С. 3
 Анищенко А.М. 71, 72
 Ардасенов А.В. 4, 81
 Артеменко Ю.Ю. 19, 52, 58
 Асеева Е.В. 20
 Бабаева П.С. 31
 Бадянова В.С. 48, 49
 Бережанский П.В. 20
 Береснева О.Н. 21
 Блажко А.А. 5
 Бобров А.В. 35
 Богач Е.Н. 67
 Бондарчук Ю.А. 5
 Бородавко О.Н. 40
 Власов Т.Д. 46
 Волкова Е.Л. 22
 Волошко П.Э. 32
 Галейся Е.Н. 8
 Геппе Н.А. 20
 Гершман М.К. 23
 Глазков А.А. 24, 37
 Глазкова П.А. 37
 Глебов С.Н. 30
 Голубева А.Г. 25
 Горшков А.Ю. 17
 Горшкова О.П. 6
 Гребцова Е.А. 7
 Гриневич А.А. 27, 51, 70
 Гришачева Т.Г. 10
 Гурова О.А. 8, 11
 Гурфинкель Ю.И. 44, 63, 74
 Дадаева В.А. 77
 Дедовская А.А. 88
 Дерюгина А.В. 26, 60
 Диленян Л.Р. 47
 Домнин С.Е. 26
 Доможилова А.А. 85
 Драпкина О.М. 17
 Дряженкова И.В. 99
 Дубкова Н.В. 85
 Дунаев А.В. 29
 Дюкина А.Р. 27, 51, 70
 Дячук Л.И. 44, 63, 78
 Емануйлова Н.В. 13
 Ермаков А.В. 69
 Ермолинский П.Б. 20, 28, 44, 45, 78
 Жарких Е.В. 29
 Журавский И.С. 9
 Загаров С.С. 37
 Зайцева А.Ю. 30
 Замышляев А.А. 13, 14, 15, 52, 53
 Зинчук В.В. 18, 31, 32, 64
 Иванов А.Н. 33, 69
 Иванов Е.Н. 35
 Иванова Г.Т. 34
 Камардина В.И. 35
 Каменщиков Н.О. 71
 Каховская Т.О. 8, 11
 Клычева М.М. 35, 61
 Ковалёва А.А. 10
 Ковалёва Ю.А. 24
 Козлов В.И. 11
 Кокарева И.Н. 36
 Королёв А.И. 17, 56, 77, 80
 Косякова Н.И. 51
 Красулина К.А. 24, 37
 Крупаткин А.И. 73
 Ксин С. 24
 Кузьменко Г.Н. 61
 Ладынин А.И. 16, 38
 Лапаева Н.С. 39
 Лапитан Д.Г. 24
 Ларичев А.Б. 66
 Ларьков Р.Н. 37
 Лебедева М.С. 55, 82
 Левкович Т.В. 40, 41, 42
 Лемехова В.А. 66
 Ленгерт Е.В. 69
 Лисина С.В. 5
 Лиханов Д.И. 43
 Лобов Г.И. 12, 83
 Локтионова Ю.И. 29
 Луговцов А.Е. 16, 20, 28, 38, 44, 45, 54, 59, 63, 74, 78
 Лукина О.В. 46
 Лысенкова С.В. 11
 Лямина Ю.В. 30
 Мазинг М.С. 30
 Максимов М.К. 23, 28, 44, 45, 59, 78
 Малак В.А. 85
 Малахова З.Л. 46
 Мамонова С.Б. 47
 Манаева И.Н. 5
 Маргарьянц Н.Б. 46
 Мартусевич А.К. 47, 48, 49, 62,
 Масина И.В. 13
 Меленец М.А. 32
 Мелешко А.В. 41, 42
 Мельникова Н.Н. 50
 Митрошина И.Ю. 51
 Михайлов П.В. 52, 58
 Молчанов Е.Е. 35
 Мольдон П.А. 59, 63, 78
 Моргунова Т.Б. 65
 Муравьев А.В. 14, 16, 38, 52, 53, 54, 58
 Назаров В.В. 48, 49
 Назаров С.Б. 35, 61
 Нечипуренко Н.И. 89, 90
 Никитин С.Ю. 55, 82
 Новикова А.С. 3
 Новикова Л.Н. 90
 Ососков В.С. 56, 80
 Остроумов Р.С. 57, 58, 87
 Парай И.Л. 40

Пашковская И.Д. 89, 90
Петрищев Н.Н. 10, 68, 84
Петроченко А.С. 76
Петроченко Е.П. 76
Пичугин В.В. 26
Плотников М.Б. 71, 72
Подоксенов Ю.К. 71
Полещук О.И. 72
Полозова А.В. 26, 60
Полозова А.В. 60
Поляков А.С. 88
Попова И.Г. 61
Поповичева А.Н. 62
Потапова М.С. 91
Приезжаев А.В. 20
Приезжев А.В. 16, 28, 38,
44, 45, 54, 59, 63, 74, 78
Присный А.А. 91
Прокопенко Т.А. 89
Пронько Т.П. 40, 41, 42
Рабковская Е.М. 31
Рогаткин Д.А. 24
Романчук В.В. 64
Рощупкина И.С. 92
Рустамов А.Р. 93
Рыбаков Г.В. 3
Рыжков И.А. 65
Рыжкова Е.Г. 65
Рябов М.М. 66

Ряполова О.А. 67
Савкина А.А. 69
Саматова К.С. 56
Сафронова В.Г. 27
Северюхина М.С. 27, 70
Селиванова Д.С. 37
Семянович Т.В. 64
Серов Д.А. 27, 70
Сидехменова А.В. 71, 72
Сидоров В.В. 29, 73
Скедина М.А. 10
Скорозвон М.С. 94
Соколова И. Б. 95
Сорока А.В. 18
Софронов Е.А. 74
Степанова Т.В. 69
Степанова Ю.И. 89
Стрелкова А.В. 17
Сурков Ю.И. 59
Суровегина А.В. 48, 49
Танканаг А.В. 27, 51, 70
Таранникова Е.А. 60
Тё М.А. 71
Тимошина П.А. 59
Тихомирова И.А. 54, 75,
76, 86
Тихонова И.В. 51
Трунов И.В. 77
Тыренко В.В. 88

Уляхина О.А. 71, 72
Умеренков Д.А. 28, 44, 78
Фабричнова А.А. 79
Фадеев В.В. 65
Федоров А.А. 39
Федорович А.А. 17, 56,
77, 80
Халепо О.В. 9
Харламова Н.В. 61
Хейло Т.С. 11
Хугаева В.К. 4, 81
Цыбров Е.Г. 55, 82
Чашин М.Г. 17, 77
Чернявских С.Д. 92, 94,
96
Четвертаков Ю.В. 15
Четвертакова Ж.Е. 13, 15
Чефу С.Г. 68.
Чивильдеев А.В. 83
Чуркина Я.В. 91
Чхаидзе И.З. 68, 84
Шахматов И.И. 5
Шереметьев Ю.А. 97, 98
Шилкина Н.П. 99
Щанкина Д.В. 85
Юдицкая В.М. 90
Янушин В.С. 29
Ященко Ю.В. 86