

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

МИКРОЦИРКУЛЯЦИЯ И ГЕМОРЕОЛОГИЯ
XIV МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ПО МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ И ГЕМОРЕОЛОГИИ
(10-11 ИЮЛЯ 2023 ГОДА)

Материалы научной конференции

Ярославль, 2023

© ФГБОУ ВО «Ярославский
государственный педагогический
университет им. К.Д. Ушинского», 2023
© Авторы материалов, 2023

УДК 612.1,531/534
ББК 28.707
М59

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

Рецензенты:

заведующий кафедрой медицинской физики с курсом медицинской информатики Ярославского государственного медицинского университета, доктор биологических наук, профессор М.М. Фатеев;

заведующий кафедрой медико-биологических основ спорта Ярославского государственного педагогического университета им. К.Д. Ушинского доктор медицинских наук, заслуженный деятель науки, профессор В.Н. Левин

Микроциркуляция и гемореология: XIV международная конференция по микроциркуляции и гемореологии : материалы международной научной конференции (10-11 июля 2023 года) / под научной редакцией А.В. Муравьева. – Ярославль : РИО ЯГПУ, 2023. – 114 с.
ISBN 978-5-00089-705-8

Сборник материалов конференции, состоявшейся в ЯГПУ им. К.Д. Ушинского 10-11 июля 2023 года, 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 978-5-00089-705-8

© ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского» 2023
© Авторы материалов, 2023

Научное издание

Микроциркуляция и гемореология
XIV международная конференция
по микроциркуляции и гемореологии
Материалы международной научной конференции
(10-11 июля 2023 года)

Научный редактор:
доктор биологических наук, профессор
Алексей Васильевич Муравьев

Все материалы издаются в авторской редакции

Технический редактор С.А. Сосновцева
Объем текстового материала 9,8 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)
150000, г. Ярославль, ул. Республиканская, 108/1

Запись на материальный носитель осуществил П. В. Михайлов

ОЦЕНКА ДЕФОРМИРУЕМОСТИ ЭРИТРОЦИТОВ МЕТОДОМ ПРОТОЧНОЙ ЦИТОМЕТРИИ

Акулич Н.В.

Национальная антидопинговая лаборатория, 223040 Минский район, аг. Лесной, д.31, Республика Беларусь

Для уточнения состояния красных кровяных телец в клинической лабораторной диагностике требуется разработка и внедрение новых технологий, обладающих высокой точностью и воспроизводимостью. Целью исследования является разработка метода оценки деформируемости эритроцитов периферической крови.

Предложена методика оценки деформируемости эритроцитов методом проточной цитометрии. Определение деформируемости эритроцитов проводили методом проточной цитометрии на основании анализа гистограмм прямого светорассеяния.

В результате проведенного исследования разработан метод оценки деформируемости эритроцитов периферической крови, основанный на воздействии на эритроциты, вносимые в ламинарный поток. Установлено, что в проточной кювете под действием напряжения сдвига происходит изменение формы клеток, которое приводит к изменению малоуглового рассеяния монохроматического света. Разрабатываемый подход имеет ряд преимуществ, поскольку проточный цитометр позволяет за коротких промежутков времени оценить несколько сотен тысяч клеток.

Ключевые слова: эритроциты, деформируемость, проточная цитометрия.

A METHOD OF STUDYING THE DEFORMABILITY OF ERYTHROCYTES BY FLOW CYTOMETRY

Akulich N.V.

National Anti-Doping Laboratory, 31 Lesnoy ag., Minsk district, 223040, Republic of Belarus

Abstract. Clarification of the state of red blood cells in clinical laboratory diagnostics, development and implementation of new technologies with high accuracy and reproducibility are required. The aim of the study is to develop a method for assessing the deformability of peripheral blood erythrocytes.

A method for assessing the deformability of erythrocytes by flow cytometry is proposed. The determination of the deformability of erythrocytes was carried out by flow cytometry based on the analysis of histograms of direct light scattering.

As a result of the study, a method for assessing the deformability of peripheral blood erythrocytes was developed based on the effect on erythrocytes introduced into the laminar flow. It has been established that in a flow cell, under the action of shear stress, a change in the shape of cells occurs, which leads to a change in the direct light scattering of monochromatic light. The developed approach has a number of advantages, since the flow cytometer allows for a short period of time to evaluate several hundred thousand cells.

Key words: erythrocytes, deformability, flow cytometry.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОСПАЛЕНИЯ, АКТИВАЦИИ ПОЛИМОРФНОЯДЕРНЫХ ЛЕЙКОЦИТОВ И АГРЕГАЦИИ ЭРИТРОЦИТОВ ПРИ НОРМАЛЬНОЙ БЕРЕМЕННОСТИ И ГИПЕРТЕНЗИИ, ВЫЗВАННОЙ БЕРЕМЕННОСТЬЮАлександров С.^а, Бечев Б.^а, Бутева И.^б, Магрисо М.^с, Стоев С.^а, Йовчев Св.^а, Митева С.^а^а Кафедра Медицинской физики и биофизики, Медицинский университет Софии, Болгария;^б OGW/MBAL "Надежда" София, Болгария,^с Omrad Electronics LTD, Беэр-Шева, Израиль

Индукцированная беременностью гипертензия (ИБГ) является результатом нарушения регуляции: аномалий инвазии трофобласта, ангиогенеза, иммунного ответа, окислительного стресса и воспаления. ПМЯЛ является активным игроком со многими видами деятельности. Функциональная неоднородность ПМЯЛ заключается в различных функциональных состояниях (ФС). Протеазы и свободные радикалы активированных ПМЯЛ могли разрушать эритроциты с усилением агрегации эритроцитов (ЭА). Гематологические показатели указывают на системную воспалительную реакцию (СВР). Были исследованы беременность у нормотензивных (БН), гестационной гипертензии (ГГ) и нормотензивных небеременных (НН). Стимулированный зимозаном ПМЯЛ цельной крови вызывали хемилюминесцентный (ХЛ) ответ. Время-вероятностная модель ХЛ описывает ПМЯЛ с различными ФС. Отношение дзета-седиментации оценивает ЭА. Измеряли ширину распределения эритроцитов (ШРЭ), соотношение нейтрофилов и лимфоцитов (СНЛ), средний объем тромбоцитов (СОТ). В БН и ГГ регистрируется праймированном ФС (состояние ожидания) ПМЯЛ по сравнению с НН ПМЯЛ в состоянии покоя. Гематологические показатели СВР согласуются с заданным функциональным состоянием по методике ХЛ. Отмечаются повышенные значения ЭА, СНЛ, СОТ и ШРЭ по сравнению с НН. Данные поддерживают СВР в соответствии с праймированным ФС. При беременности мы регистрировали ПМЯЛ в праймированном ФС по сравнению с ПМЯЛ в состоянии покоя НН. Изменение ФС ПМЯЛ и повышение значений ЭА, СНЛ, СОТ и ШРЭ во время беременности свидетельствует о слабовыраженном системном воспалении.

Ключевые слова: полиморфноядерные лейкоциты, артериальная гипертензия, беременность, воспаление, хемилюминесценция.

STUDY ON INFLAMMATION, POLYMORPHONUCLEAR LEUKOCYTES' ACTIVATION AND ERYTHROCYTES AGGREGATION IN NORMAL PREGNANCY AND PREGNANCY INDUCED HYPERTENSIONS. Alexandrov^а, B. Bechev^а, I. Buteva^б, M. Magrisso^с, S. Stoeff^а, Sv. Jovtchev^а, S. Miteva^а^а Department of Medical Physics and Biophysics, Sofia Medical University, Bulgaria;^б OGW/MBAL "Nadezhda" Sofia, Bulgaria;^с Omrad Electronics LTD, Beersheba, Israel

Pregnancy-induced hypertension (PIH) is result from dysregulations: abnormalities in trophoblast invasion, angiogenesis, immune response, oxidative stress and inflammation. PMN is active player with multiple activities. Functional heterogeneity of PMN is in different functional states (FS). Proteases and free radicals of activated PMN could demolish erythrocytes with aggravated erythrocyte aggregation (EA). Hematological indices mark systemic inflammatory response (SIR). Pregnancy of normotensives (PN), gestational hypertension (GH) and normotensive nonpregnant (NN) were investigated. Zymosan stimulated whole blood PMN gave chemiluminescence (CL). Time probabilistic model of CL describes PMN with different FS. Zeta-sedimentation ratio evaluates EA. Red blood cell distribution width (RDW), neutrophil-lymphocyte ratio (NLR), mean platelet volume (MPV) were measured. In PN and GH is registered a primed FS (stand-by state) of PMN vs NN PMN in resting state. Hematological indices for SIR agree with primed functional state by the CL methodology. There are increased values of EA, NLR, MPV and RDW compared with NN. Data support SIR in concordance with primed FS. In pregnancy we registered PMN in primed FS compared with PMN in resting state of NN. Changed PMN's FS and increased values of EA, NLR, MPV and RDW during the pregnancy present low-grade systemic inflammation.

Keywords: Polymorphonuclear leukocytes, hypertension, pregnancy, inflammation, chemiluminescence.

НА ПЕРЕПУТЬЕ ДОРОГ. КАКОВ ОПТИМАЛЬНЫЙ ВЫБОР КЛИНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ОНКОАССОЦИИРОВАННОМ ПРОКСИМАЛЬНОМ ТРОМБОЗЕ ГЛУБОКИХ ВЕН?

Андожская Ю.С.¹, Новикова А.С.¹, Мельцова А.Ж.²

ПСПбГМУ им.акад. И.П.Павлова¹,

СПбГБУЗ «Городская Мариинская больница»², Санкт-Петербург, Россия

Введение: Рак является протромботическим заболеванием, увеличивающим риск развития тромбоза глубоких вен (ТГВ) самый неблагоприятный вариант которого – проксимальный ТГВ на фоне метастазов. Дополнительная агрессия лучевой и химиотерапии, значительно увеличивает этот риск, а своевременность их проведения имеет принципиально важное значение для судьбы больного. Более высокая эффективность сочетания тромболитика и прямых оральных антикоагулянтов (ПОАК) полностью не доказана, но значительно повышает риск кровотечений. Алгоритм действий в этой ситуации не находит четкого отражения в клинических рекомендациях. Раковая опухоль повреждает внутренний слой стенки сосуда и приводит к нарушению регуляторного действия эндотелия снижает синтез естественных антикоагулянтов, поэтому мы применили сочетание ПОАК и сулодексида.

Материал и методы исследования: были обследованы 23 пациента с проксимальным ТГВ 49 – 81 лет, требующие лучевой терапии в ближайшие сроки. 14 больных I группы получали ривароксабан 15 мг 2 раза в сутки 21 день и далее 20 мг 1 раз в сутки. II-ой группе пациентов к терапии ривароксабаном через неделю от начала лечения был добавлен сулодексид 250ЛЕ 2 раза в день. Ультразвуковое дуплексное сканирование вен нижних конечностей и исследование показателей микроциркуляции (ПМЦ) на высокочастотном ультразвуковом доплерографе на ногтевом ложе 1 пальца верхней конечности датчиком 25МГц выполнялось еженедельно.

Результаты. У больных I группы рассасывание тромба бедренной вены, проходило крайне медленно, что не позволяло приступить к лучевой терапии ранее, чем через 3 месяца лечения, когда освобождалось сафенофemorальное соустье и остаточные резидуальные массы находились на расстоянии более чем в 10 см от паховой связки. Мониторирование ПМЦ позволило добавить к лечению сулодексид во II группе, где рассасывание шло более быстрыми темпами, быстрее проходили явления воспаления – исчезали гиперемия тканей, отек, субфебрилитет, что позволило приступить к лучевой терапии уже через 1 мес лечения Геморрагических осложнений не было.

Заключение. Применение сочетанной терапии ривароксабаном и сулодексидом позволило сократить сроки лечения онкоассоциированных проксимальных ТГВ пред курсом лучевой терапии, что позволило быстрее снять воспалительный процесс и выполнить лучевую терапию в срок, при отсутствии геморрагических осложнений. Мониторирование ПМЦ позволило применить сочетание ПОАК и сулодексида в безопасном режиме.

Ключевые слова: онкоассоциированный тромбоз, эндотелиальная дисфункция, антикоагулянты, микроциркуляция

AT A CROSSROADS. WHAT IS THE OPTIMAL CHOICE OF CLINICAL SOLUTIONS FOR ONCOASSOCIATED PROXIMAL DEEP VEIN THROMBOSIS?

Yu.S. Andozhskaya, A.S. Novicova, A.Zh. Meltsova

St. Petersburg State Medical University named after Academician I.P. Pavlov¹,

"City Mariinsky Hospital"², St. Petersburg, Russia

Abstract is devoted to comparing the treatment of proximal oncoassociated deep vein thrombosis with the traditional method and combination of the use of rivaroxaban and sudodexide under the control of microcirculation indicators, which allows such treatment to be carried out safely and achieve faster results.

Keywords: oncoassociated thrombosis, endothelial dysfunction, anticoagulants, microcirculation.

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ РЕГУЛЯТОРНЫХ МЕХАНИЗМОВ ТОНУСА МИКРОСОСУДОВ ПО НИЗКОАМПЛИТУДНЫМ КОЛЕБАНИЯМ ТЕМПЕРАТУРЫ КОЖИ У БОЛЬНЫХ САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ 2 ТИПААнтонова Н.¹, Вельчева И.², Паскова В.¹, Койчев Е.¹, Чалаков Х.²¹Институт механики Болгарской академии наук, София, Болгария, ²Унигоспиталь, Панагюрище, Болгария

Цель исследования – выполнить оценку нарушений тонуса микрососудов у больных сахарным диабетом 2 типа (СД-2Т) с применением вейвлет-анализа колебаний температуры кожи (ВАСТ). Колебания температуры кожи, оцененные методом ВАСТ, соответствовали периодическим изменениями кровотока в результате колебаний тонуса вазомоторных гладких мышц. Это позволяло выделить миогенной, нейрогенной и эндотелиальной механизмы регуляции сосудистого тонуса. Для неинвазивной оценки измеряли температурные колебания поверхности кожи при локальном нагреве в диапазоне колебаний от 0,0095 до 0,02 Гц в группах больных СД-2Т и у здоровых лиц (контроль). Кроме того регистрировали: вязкость крови, гематокрит, гемоглобин, средний объем клеток (MCV) и число эритроцитов (RBC). Вязкость цельной крови была увеличена у больных СД-2Т по сравнению с контролем при всех скоростях сдвига. Было определено нарушение баланса вазодилатация/констрикции микрососудов у пациентов с СД-2Т, а также у них найдена разница в реакции на локальное нагревание с данными контроля. Поскольку реакция отражает колебания тонуса периферических сосудов, исследование могло, способствовало бы выяснению механизмов нарушения периферического кровообращения.

Ключевые слова: тест на местное нагревание; колебания кожной температуры; сахарный диабет 2-го типа, WAST метод

EVALUATION OF THE CHANGES IN THE REGULATORY MECHANISMS OF MICROVASCULAR TONE BY MEANS OF LOW-AMPLITUDE TEMPERATURE OSCILLATIONS OF SKIN TEMPERATURE IN PATIENTS WITH TYPE 2 DIABETES MELLITUSNadia Antonova¹, Irena Velcheva², Vasilka Paskova¹, Evgeni Koytchev¹, Hristo Chalakov²¹Institute of Mechanics to the Bulgarian Academy of Sciences, Akad. G.Bonchev str., Bl.4, 1113 Sofia, Bulgaria,²Unihospital, Panagyurishte, Bulgaria

The aim of the study is to investigate the possibility of assessing disorders in the regulatory mechanism of the microcirculatory vascular tone in patients with type 2 diabetes mellitus (T2DM) by applying a wavelet analysis of the skin temperature fluctuations (WAST). Using this approach for non-invasive assessment, the temperature fluctuations of the skin surface - in the range of oscillations from 0.0095 to 0.02 Hz and the dynamics of changes of the oscillations in skin temperature corresponding to the myogenic, neurogenic and endothelial regulation of the skin vascular tone during local heating test in groups of patients with diabetes mellitus type 2 (T2DM) and in a control group of healthy subjects were examined. The variations of the skin surface temperature with time were determined using a Microtest device (000"Векроп-ПМ", Perm, Russia). Wavelet analysis was used to study the skin temperature fluctuations caused by periodic changes in blood flow resulting from oscillations in vasomotor smooth muscle tone. A rotational viscometer Contraves LS 30 (Switzerland) and LS300 were used to measure whole blood viscosity (WBV) at shear rates from 0, 0237 s⁻¹ to 128,5 s⁻¹ in both groups. Other basic hemorheological determinants as hematocrit (Ht), hemoglobin (Hb), mean cell volume (MCV) and red blood cells count (RBC) were evaluated too. The whole blood viscosity was increased in the entire range of shear rates in the patients with type 2 diabetes when compared to the control subjects. A difference in the response to the local heating between the patients with type 2 diabetes and the control group subjects was found. Since the reaction reflects the fluctuations of the peripheral vascular tone, the study could contribute to clarify the mechanisms of disturbance of the peripheral circulation.

Keywords: local heating test; skin temperature oscillations; Type 2 diabetes mellitus; WAST method.

Acknowledgements

The study has been supported by the Basic Research Project КП-06-H57/14 from 16.11.2021: "Investigation of the hemorheological parameters, the mechanical properties of the blood cells as a basis for mathematical modeling of their role for the blood flow in cerebrovascular, peripheral vascular diseases and Diabetes mellitus type 2", funded by the Bulgarian National Science Fund.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНЫХ, ГЕМОРЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ И ТРАНСПОРТА КИСЛОРОДА У СПОРТСМЕНОВ РАЗЛИЧНЫХ СПОРТИВНЫХ ДИСЦИПЛИН

Антонова Н.¹, Иванов И.^{1,2}

¹Институт механики Болгарской академии наук,

²Национальная спортивная академия Васил Левский“, София, Болгария

Проведен литературный обзор исследований микроциркуляторных, гемореологических изменений и транспорта кислорода, возникающих при физических нагрузках и занятиях спортом. Цель работы провести сравнительный анализ методов исследований микроциркуляторных и гемореологических изменений у спортсменов разных видов спорта с целью разработки дополнительных показателей и критериев оценки физической и функциональной физической направленности и работоспособности и их приложения.

Ключевые слова: физические нагрузки, микроциркуляция, вязкость, транспорт кислорода

METHODS FOR EVALUATING MICROCIRCULATORY, HEMORHEOLOGICAL CHANGES AND OXYGEN TRANSFER IN ATHLETES FROM DIFFERENT SPORTS DISCIPLINES.

N. Antonova¹, I. Ivanov^{1,2}

¹Dept. Biomechanics, Institute of Mechanics to the Bulgarian Academy of Sciences,

²National Sport Academy “Vasil Levski”, Sofia, Bulgaria

A literature review of studies of microcirculatory and hemorheological changes occurring during physical exertion and sports was made. The aim of the study is to make a comparative analysis of the research methods of microcirculatory and hemorheological changes as well as oxygen supply in athletes from different sports in order to develop additional parameters and criteria for evaluating physical and functional physical orientation and efficiency.

Keywords: exercises, microcirculation, viscosity, oxygen supply.

ДИАГНОСТИКА ПЕРИФЕРИЧЕСКОГО КРОВотоКА СПОРТСМЕНОВ С ПОМОЩЬЮ ДОПЛЕРОВСКОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИЗМЕРЕНИЯБахметьев А.С.¹, Брилёнок Н.Б.², Добдин С.Ю.², Скрипаль А.В.²¹СГМУ имени В.И. Разумовского, ²СГУ имени Н.Г. Чернышевского

Приведены результаты доплеровского ультразвукового измерения периферического кровотока спортсменов, имеющих высокий спортивный разряд. Диагностика кровотока проводилась по результатам измерения скорости артериального кровотока в условиях реактивной гиперемии плечевой артерии и по отношению обратного объемного кровотока к объемному систолическому кровотоку. Обследовались как неспортивные добровольцы, не страдающие сердечно-сосудистой патологией, так и спортсмены, имеющие разряд кандидата в мастера спорта по гребле на байдарках и каноэ и регулярные интенсивные тренировки. Сравнительный анализ изменения УЗИ-доплерограмм спортсменов и нетренированных обследуемых свидетельствует о значительном отличии как в величине пиковой скорости артериального кровотока в условиях реактивной гиперемии плечевой артерии, так и обратного объемного кровотока, в условиях отсутствия функциональной нагрузочной пробы. У спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта и имеющими высокий спортивный разряд, ремоделирование сосудов и функциональное состояние эндотелия изменяет параметры кровотока, регистрируемые методами ультразвуковой диагностики. В частности, при проведении теста на реактивную гиперемии плечевой артерии наблюдается значительное увеличение пиковой скорости систолического кровотока после окклюзии. Другим методом регистрации измененного состояния артериальных сосудов у спортсменов может быть отношение объемной скорости обратного кровотока к объемной скорости систолического кровотока. Этот параметр может являться диагностическим, поскольку на обратный кровоток влияет тонус гладкомышечных клеток артерий и артериол, который у спортсменов значительно больше. Проведенные измерения показали, что отношение объемной скорости обратного кровотока к объемной скорости систолического кровотока значительно больше у спортсменов. Кроме того, в отличие от известной методики теста на реактивную гиперемии плечевой артерии новый метод имеет наибольшую чувствительность к состоянию эндотелия у спортсменов в состоянии покоя.

Ключевые слова: диагностика артериальных сосудов, эндотелиальная дисфункция, ультразвуковая доплерография, сосуды спортсменов, объемный кровоток.

DIAGNOSIS OF PERIPHERAL BLOOD FLOW OF ATHLETES USING DOPPLER ULTRASOUND MEASUREMENTA. S. Bakhmetyev¹, N. B. Brilenok², S. Yu. Dobdin², An. V. Skripal²¹SSMU named after V.I. Razumovsky, ²SSU named after N.G. Chernyshevsky

Abstract. The results of Doppler ultrasound measurement of peripheral blood flow of athletes with a high sports category are presented. The diagnosis of blood flow was carried out based on the results of measuring the arterial blood flow rate in conditions of reactive hyperemia of the brachial artery and in relation to the reverse volumetric blood flow to the volumetric systolic blood flow. The measurements have shown that the ratio of the volumetric velocity of the reverse blood flow to the volumetric velocity of the systolic blood flow is significantly higher in athletes. In addition, unlike the well-known test method for reactive hyperemia of the brachial artery, the new method has the greatest sensitivity to the state of the endothelium in athletes at rest.

Keywords: diagnostics of arterial vessels, endothelial dysfunction, ultrasound dopplerography, athletes' vessels, volumetric blood flow.

ВЛИЯНИЕ СОЕВОЙ ДИЕТЫ НА СОСТОЯНИЕ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО РУСЛА КОЖИ ЯВАНСКИХ МАКАК, ПОЛУЧАВШИХ ВЫСОКОСОЛЕВОЙ РАЦИОНБереснева О.Н.¹, Богданова Е.О.¹, Иванова Г.Т.², Парастаева М.М.¹, Кучер А.Г.¹¹ПСПбГМУ им.акад. И.П. Павлова; Россия, 197022 Санкт-Петербург, ул. Л. Толстого, 17,²Институт физиологии им. И.П. Павлова; Россия, 199034 Санкт-Петербург, наб. Макарова, 6

Избыточное потребление соли сопровождается развитием сердечно-сосудистых нарушений, не всегда связанных с ростом артериального давления (АД). Учитывая кардиопротективное действие соевых белков при хронической болезни почек, встал вопрос о возможности нивелировать диетарными интервенциями, в частности, протеинами сои, повреждающее действие высокосолевой диеты на микроциркуляторное русло кожи. Цель работы – изучить влияние длительного применения диеты с различным содержанием NaCl и соевым белком на ремоделирование кожи обезьян.

Исследовано 18 самцов яванских макак (*Macaca fascicularis*, питомник ФГБНУ «НИИ МП»). Control группа получала стандартный рацион (2 г NaCl/кг корма). Вторая (HS) – высокосолевой рацион (8 г NaCl/кг корма), третья – высокосолевою диету и соевый протеин SUPRO760 (HS + Soy; все белковые составляющие «стандартного рациона» заменены на соевый белок - 200 г/кг корма; ProteinTechnologyInternational, USA). Систолическое (АДс) и диастолическое (АДд) артериальное давление (АД) у макак регистрировали под наркозом исходно, через 4 и 12 мес. Через 12 мес. проводили гистологическое исследование кожно-мышечного лоскута. Распространенность коллагеновых волокон в гиподерме оценивали в препаратах, окрашенных по Маллори, в программе Orbit Image Analysis.

В течение эксперимента значимых изменений АД у макак всех групп не произошло ($p>0,05$). У обезьян исследовали морфологию артериол, расположенных в гиподерме на границе с дермой, а также капиллярные пучки и нервные волокна в сетчатом слое дермы. По сравнению с контролем, у животных HS- группы наблюдали большую распространенность коллагеновых волокон в гиподерме: распространенность коллагеновых волокон в группе HS была в 2,8 раза выше, чем в контроле, а в группе HS+Soy – только в 1,4 раза. Также в гиподерме макак HS- группы толщина стенок артериол была в 2,2 раза больше, чем у контрольных животных, а в группе HS+Soy – лишь в 1,5 раза. В капиллярно-венозных пучках сетчатого слоя дермы обезьян HS- группы наблюдали признаки периваскулярного отека, гиалинизацию ГМК стенок капилляров, периневральный отек. У макак, получавших соевый белок, ремоделирование капилляров было менее выраженным, однако сохранялись признаки периваскулярного и эндоневрального отека.

Результаты можно рассматривать как подтверждение гипотезы о том, что высокое потребление NaCl приводит к неблагоприятным структурным изменениям сосудов, не опосредованным повышением АД. Включение в рацион соевого изолята, вероятно, снижает последствия этого негативного влияния.

Ключевые слова: обезьяны, высокосолевая диета, соевый протеин, сосуды кожи

INFLUENCE OF THE SOY DIET ON THE STATE OF THE SKIN MICROCIRCULATION BED IN JAVANESE MACAQUES FED ON A HIGH-SALT DIETO.N. Beresneva¹, E.O. Bogdanova¹, G.T. Ivanova², M.M. Parastaeva¹, A.G. Kucher¹¹St. Petersburg State Medical University named after Academician I.P. Pavlov; Russia, 197022 St. Petersburg, L. Tolstogo str., 17,²I.P. Pavlov Institute of Physiology; Russia, 199034 St. Petersburg, nab. Makarova, 6**Abstract**

The results can be considered as confirmation of the hypothesis that high NaCl intake leads to adverse structural changes in blood vessels, not mediated by an increase in blood pressure. The inclusion of soy isolate in the diet is likely to reduce the effects of this negative impact.

Keywords: monkeys, low-salt diet, soy protein, skin vessels.

**МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОСУДОВ
МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО РУСЛА ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ДИСФУНКЦИИ
ПОЧЕК У КРЫС**Береснева О.Н.¹, Иванова Г.Т.², Парастаева М.М.¹, Кучер А.Г.¹¹ПСПбГМУ им.акад. И.П. Павлова; Россия, 197022 Санкт-Петербург, ул. Л. Толстого, 17,²Институт физиологии им. И.П. Павлова; Россия, 199034 Санкт-Петербург, наб. Макарова, 6

У людей с хронической болезнью почек (ХБП) высока вероятность развития сердечнососудистых нарушений. Однако имеются лишь единичные данные об изменении реактивности микрососудов кожи. Цель работы - провести анализ реактивности сосудов МЦР кожи и структурных изменений сосудов миокарда у крыс с 5/6 нефрэктомией.

Исследованы самцы крыс Wistar: 1) животные с резекцией 5/6 массы почек (n=15, НЭ), 2) ложнооперированные (ЛО) крысы (n=15). Через 2 месяца у крыс измеряли артериальное давление (АД). Оценку МЦР кожи проводили методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ). Для изучения реактивности сосудов использовали ацетилхолин и нитропруссид натрия, которые вводили в кожу методом ионофореза 1% раствора. Выполняли гистологическое и иммуногистохимическое исследование миокарда. Данные представлены в виде среднего значения ± стандартная ошибка среднего (M±SE). Различия считали статистически значимыми при $p < 0.05$.

Через 2 месяца у крыс с НЭ отмечен подъем АД (152 ± 9 мм рт.ст.). В ЛО группе - 127 ± 8 мм рт. ст. ($p < 0.001$). Выявлено снижение максимальной амплитуды колебаний показателя МЦР у крыс с НЭ на 26.7 % - в эндотелиальном, на 26.4% - в нейрогенном и на 29.4 % - в миогенном диапазонах спектра. Величина ЭТ у крыс с НЭ была выше аналогичного показателя ЛО животных на 53.1 %, НТ - на 43.8 %, МТ - на 25.5 %. У крыс с НЭ наблюдалось снижение реактивности микрососудов кожи на действие АХ - увеличение показателя перфузии МЦР составляло 37.7 ± 4.4 % от исходного показателя МЦР по сравнению $58.9 \pm 4.2\%$ - у ЛО животных ($p < 0.001$). Средняя амплитуда показателя МЦР кожи при действии нитропрussa в группе с НЭ была на 8.4 % меньше, чем у ЛО крыс ($p < 0.05$). У крыс с НЭ отмечены изменения в микроциркуляторном русле миокарда: утолщение стенок артерий, уменьшение просвета сосудов, слушивание эндотелиоцитов в просвет сосудов, увеличение пролиферативной активности в ядрах гладкомышечных клеток в стенке артерий и площади открытых капилляров ($1902,8 \pm 202,9$ мкм²) в сравнении с ЛО крысами ($730,4 \pm 58,2$ мкм²; $p=0,000$), уменьшение количества открытых капилляров (НЭ - $n=247$, ЛО - $n=412$). Эти изменения могут приводить к нарушению микроциркуляции в миокарде.

Таким образом, НЭ приводит к нарушению состояния сосудов: снижает дилататорную реакцию при действии АХ и НП сосудов МЦР кожи крыс и вызывает ремоделирование сосудов миокарда.

Ключевые слова: нефрэктомия, микроциркуляция кожи, вазодилатация, сосуды миокарда

**MORPHO-FUNCTIONAL CHANGES IN MICROCIRCULATORY VESSELS IN
EXPERIMENTAL KIDNEY DYSFUNCTION IN RATS**

O.N. Beresneva, G.T. Ivanova, M.M. Parastayeva, A.G. Kucher

¹St. Petersburg State Medical University named after Academician I.P. Pavlov; Russia, 197022 St. Petersburg, L. Tolstogo str., 17,²I.P. Pavlov Institute of Physiology; Russia, 199034 St. Petersburg, nab. Makarova, 6**Abstract**

Kidney dysfunction at this observation period does not cause changes in the basic level of perfusion in the skin, however, it leads to suppression of the reactivity of the MCR vessels to vasodilator effects and remodeling of myocardial vessels.

Keywords: nephrectomy, skin microcirculation, vasodilation, myocardial vessels.

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРОВИ И ФИЗИЧЕСКУЮ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ БЕЛОЙ КРЫСЫБыкова И.В.¹ Литвин Ф.Б.²¹Брянский государственный технический университет,²Смоленский государственный университет спорта

Гемореологические показатели служат маркерами уровня работоспособности спортсменов. Улучшение реологических свойств крови увеличивает ее кислородтранспортные возможности. Важной проблемой спортивной физиологии является поиск средств, направленных на повышение эритропоэза. Альтернативой допингу является применение биологически активных добавок (БАД) природного происхождения.

Цель исследования изучить влияние биопродукта «Мультикомплекс MDX», полученного из молочной сыворотки, на реологические свойства крови и работоспособность белой крысы. Крысы экспериментальной группы (ЭГ) в течение 30 суток принимали БАД, контрольной группы (КГ) плацебо. Животные выполняли плавательный тест до утопления. Забор крови проводили по общепринятой методике. Результаты. В ЭГ к концу эксперимента концентрация эритроцитов увеличилась на 25% ($p < 0,05$), в КГ - снизилась на 6,5% ($p > 0,05$). В ЭГ содержание гемоглобина повысилось на 14% ($p < 0,05$), а КГ снизилось на 5% ($p > 0,05$). В КГ и ЭГ животных в результате воздействия предельных физических нагрузок растет количество лейкоцитов на 36,5% и 67,4% ($p < 0,05$) соответственно. В ЭГ от начала к окончанию эксперимента время плавания увеличилось на 176% по отношению к фону ($p < 0,05$) и на 106% по отношению ко времени плавания животными КГ ($p < 0,05$).

Заключение. Курсовой прием БАД повышает кислородтранспортные возможности крови и рассматривается как перспективное применение при интенсивной физической нагрузке.

Ключевые слова: реология крови, крысы, физическая нагрузка, БАД, физическая работоспособность.

THE EFFECT OF A BIOLOGICALLY ACTIVE ADDITIVE ON THE RHEOLOGICAL PROPERTIES OF BLOOD AND PHYSICAL PERFORMANCE OF A WHITE RATBykova I.V.¹, Litvin F.B.²¹Bryansk State Technical University,²Smolensk State University of Sports

Hemorheological indicators serve as markers of the level of performance of athletes. Improving the rheological properties of blood increases its oxygen transport capabilities. An important problem of sports physiology is the search for funds aimed at increasing erythropoiesis. An alternative to doping is the use of biologically active additives (dietary supplements) of natural origin.

The aim of the study was to study the effect of the bioproduct "MDX Multicomplex", obtained from whey, on the rheological properties of blood and the performance of a white rat. The rats of the experimental group (EG) took dietary supplements for 30 days, the control group (KG) took a placebo. The animals performed a swimming test before drowning. Blood sampling was carried out according to the generally accepted method. Results. By the end of the experiment, the concentration of erythrocytes in the EG increased by 25% ($p < 0.05$), in the KG - decreased by 6.5% ($p > 0.05$). In the EG, the hemoglobin content increased by 14% ($p < 0.05$), and the KG decreased by 5% ($p > 0.05$). In KG and EG of animals, as a result of exposure to extreme physical exertion, the number of leukocytes increases by 36.5% and 67.4% ($p < 0.05$), respectively. In the EG, from the beginning to the end of the experiment, the swimming time increased by 176% relative to the background ($p < 0.05$) and by 106% relative to the swimming time in KG animals ($p < 0.05$).

Conclusion. The course intake of dietary supplements increases the oxygen transport capabilities of the blood and is considered as a promising application for intensive physical exertion.

Keywords: blood rheology, rats, physical activity, dietary supplements, physical performance.

НАРУШЕНИЕ ГЕМОСТАЗА И МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ В ПАТОГЕНЕЗЕ ГИПЕРТЕНЗИВНЫХ РАССТРОЙСТВ У БЕРЕМЕННЫХ

Власова Т.И., Шишканова Т.И., Уланова А.С., Сардаева Д.Г.

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева»; Россия, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Большевикская, 68, 430005

Введение. Одной из наиболее актуальных проблем современного акушерства является поиск патофизиологических механизмов гиперкоагуляционных изменений и нарушений микроциркуляции как ключевых аспектов развития клинически значимых плацентарных нарушений при преэклампсии (ПЭ). **Материал и методы исследования.** Проспективное исследование включало 173 пациентки с одноплодной беременностью в сроке гестации 22-41 неделя. Группу 1 (n=63) составили беременные с умеренной ПЭ. В группу 2 (n=58) вошли пациентки с тяжелой ПЭ. Группа 0 (n=52) (контроль) – здоровые беременные. Состояние системы гемостаза оценивали с помощью гемостазиограммы и методом тромбоэластографии (ТЭГ), оценка микроциркуляции проведена методом лазерной доплеровской флоуметрии, выполнено генетическое исследование полиморфизмов генов (С807Т) ITGA2, (Т1565С) ITGB3, (G(-455)A) FGB (ПЦР). **Результаты.** Лабораторные показатели демонстрировали значительное повышение активности свертывающей системы крови при ПЭ. Было зарегистрировано снижение относительно контроля показателей АЧТВ и протромбинового времени на 17,52% (p<0,05) и 17,65% (p<0,05) соответственно в группе 1, и на 32,98% (p<0,05) и 36,42% (p<0,05) соответственно во группе 2. Отмечено снижение антикоагулянтной активности плазмы крови при ПЭ: уровень антитромбина III в группе 1 был ниже контроля на 11,10% (p<0,05), в группе 2 - на 17,31 % (p<0,05). Концентрация фибриногена в группе 1 была на 7,94% (p<0,05) выше данных группы 0; значительное повышение фибриногена отмечалось в группе 2 – на 23,54% (p<0,05) относительно контроля. По данным ТЭГ также регистрировали повышение коагуляционной активности крови, изменение характеристик сгустка и удлинение времени фибринолиза. Патологические изменения в группе 2 были более выражены. Повышение протромбогенного потенциала крови коррелировало с нарушением микроциркуляции в периферических тканях беременных. В группе 1 интегративный показатель микроциркуляции и расчетный индекс эффективности микроциркуляции были ниже контроля на 11,97 % (p<0,05) и 14,78 % (p<0,05) соответственно, отмечалось изменение вклада различных компонентов в регуляцию микрогемодинамики. Утяжеление ПЭ сопровождалось статистически значимым ухудшением измеряемых и расчетных параметров микроциркуляции. Результаты генетического исследования: при тяжелом течении ПЭ частота встречаемости вариантов Т/Т, Т/С и С/С гена ITGB3 составила 20,7, 32,8 и 46,6 % ($\chi^2=5,84$, p=0,01, OR=5,29 (1,26–22,25)), вариантов С/С, Т/С и Т/Т гена ITGA2 – 20,7, 44,8 и 34,5 % при $\chi^2=20,0$, p=0,001, OR=12,5 (3,82–42,45). Встречаемость полиморфных вариантов G/G, G/A и A/A гена (G(-455)A) FGB – 15,5, 48,3 и 36,2 % при $\chi^2=24,3$, p=0,001, OR=42,0 (5,1–357,1). В группах 1 и 0 встречаемости мутантных аллелей исследуемых генов и количество гомозиготных вариантов мутантных аллелей было достоверно меньшим, чем в группе 2. **Заключение.** Течение ПЭ связано со значительным повышением протромбогенного потенциала крови с высоким риском возникновением локального микротромбоза сосудов, что оказывает негативное влияние на эффективность процессов микроциркуляции, и, как следствие, может служить предиктором ухудшения маточно-плацентарно-плодового кровотока. Выраженность вышеуказанных изменений ассоциирована с увеличением частоты встречаемости мутантных аллелей генов тромбоцитарных интегринов и фибриногена, что может служить дополнительным фактором риска неблагоприятного течения процесса гестации. **Ключевые слова:** преэклампсия, нарушения микроциркуляции, гемостаз, полиморфизм генов.

IMPAIRMENT OF HEMOSTASIS AND MICROCIRCULATION IN THE PATHOGENESIS OF HYPERTENSIVE DISORDERS IN PREGNANT WOMEN

T. I. Vlasova, T. I. Shishkanova, A.S. Ulanova, D.G. Sardaeva

Ogarev National Research Mordovian State University; Russia, Republic of Mordovia, Saransk

Abstract. The article is devoted to the study of coagulopathy, their genetic risk factors and microcirculation disorders in preeclampsia (PE). A prospective study included 121 pregnant women divided into 2 groups according to the severity of preeclampsia and group 0 (n=52) (control) - healthy pregnant women. The research results have demonstrated the course of PE is associated with a significant increase in the prothrombotic potential of the blood, which correlate with low efficiency of microcirculation processes. The hemostatic and microcirculatory changes severity are associated with an increase in the frequency of occurrence of the platelet integrins and fibrinogen genes mutant alleles.

Key words: preeclampsia, microcirculation disorders, hemostasis, gene polymorphism.

**ВЛИЯНИЕ ФЕНИЛЭФРИНА И ГАЗОТРАНСМИТТЕРОВ
НА МИКРОРЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭРИТРОЦИТОВ**

Волкова Е.Л., Булаева С.В., Михайлов П.В., Осетров И.А., Муравьев А.В.
ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет имени
К.Д. Ушинского»; Россия, 150000 Ярославль, ул. Республиканская, 108/1

Для прохождения путей микроциркуляции и доставки кислорода в ткани эритроциты должны деформироваться и в том числе за счет изменения своего объема. Механизм этой микрореологической адаптации связан с метаболизмом катионов и может регулироваться сигнальными молекулами, гормонами и газовыми медиаторами (ГТ) такими как оксид азота (NO) и сульфид водорода (H₂S). Целью данной работы было исследование микрореологических ответов эритроцитов на агонист α -1-адренорецепторов, фенилэфрин и доноры ГТ. В группе здоровых лиц (n=15) регистрировали деформируемость (ДЭ) и агрегацию (АЭ) эритроцитов после их инкубации с донорами ГТ, нитропруссидом натрия (НПН, 100 мкМ), гидросульфидом натрия (NaHS, 100 мкМ), а также альфа-1-агонистом фенилэфрином (ФЭ, 10 мкМ) отдельно и при одновременном их применении. Также эритроциты инкубировали с клотримазолом – блокатором Гардош каналов (50 мкМ). Было установлено, что НПН и NaHS повышали достоверно ДЭ на 8-9% и снижали АЭ на 34-38% ($p < 0,01$). Фенилэфрин отдельно не влиял на ДЭ, но существенно повышал АЭ, на 98% ($p < 0,01$). Добавление в среду инкубации НПН или NaHS полностью устранило эффект ФЭ. При этом ДЭ возрастала на 11 и 12%, соответственно, АЭ снижалась на 8 и 20%. Действие ФЭ связано со стимулированием входа Ca²⁺ в клетки. Блокирование Гардош каналов эритроцитов клотримазолом устраняло последующий положительный микрореологический ответ эритроцитов на донора H₂S. Таким образом, *во-первых*, доноры ГТ устраняют отрицательный альфа-1-адренергический эффект катехоламинов на микрореологию эритроцитов и *во-вторых*, механизм этих влияний, возможно включает Ca²⁺ – обмен, с участием Гардош каналов эритроцитов.

Ключевые слова: эритроциты, адренорецепторы, деформируемость, агрегация, фенилэфрин, газотрансмиттеры

**EFFECT OF PHENYLEPHRINE AND GAS TRANSMITTERS
ON THE MICRORHEOLOGICAL PROPERTIES OF ERYTHROCYTES**

E.L. Volkova, S.V. Bulaeva, P.V. Mikhailov, I.A. Osetrov, A.V. Muravyov
Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky; Russia, 150000 Yaroslavl,
Republican str., 108/1

The aim of this work was to study the microrheological responses of erythrocytes to the α -1-adrenergic agonist, phenylephrine, and HT donors. Deformability (DE) and aggregation (AE) of erythrocytes were recorded in healthy individuals after their incubation with HT donors, sodium nitroprusside (NPN), sodium hydrosulfide (NaHS), with alpha-1-agonist, phenylephrine (PE) separately and with their simultaneous use, as well as with clotrimazole. It was found that NPN and NaHS increased DE by 8-9% and reduced AE by 34-38%. Phenylephrine alone did not affect DE, but significantly increased AE, by 98%. The addition of GT completely eliminated the FE effect. At the same time, DE increased by 12%, while AE decreased to 20%. Blocking the Gardosh channels of erythrocytes with clotrimazole eliminated the subsequent positive microrheological response of erythrocytes to the H₂S donor. Thus, firstly, HT donors eliminate the negative alpha-1-adrenergic effect of catecholamines on erythrocyte microrheology and, secondly, the mechanism of these effects includes Ca²⁺ metabolism, with the participation of erythrocyte Gardosh channels.

Keywords: erythrocytes, adrenoreceptors, deformability, aggregation, phenylephrine, gas transmitters.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО РУСЛА У ЗДОРОВЫХ ДЕТЕЙ

Геппе Н.А., Асеева Е.В., Сидоров В.В., Бережанский П.В.

ФГАОУ 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.

ООО НПП «ЛАЗМА», Москва, Россия

Введение: тезис посвящен оценке состояния микроциркуляции крови у практически здоровых детей для исследований микроциркуляции детей с бронхиальной астмой (БА). В педиатрической практике актуальны неинвазивные методы, позволяющие исследовать состояние микрокровотока. Одним из таких методов является лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ).

Материалы и методы: обследовано 40 здоровых детей (возраст 9–17., $13,7 \pm 1,8$ лет). Исследуемые были разделены на две возрастные группы. Для осуществления диагностики общего состояния микроциркуляция крови применена система портативных анализаторов микроциркуляции крови «ЛАЗМА ПФ». Из анализаторов «ЛАЗМА ПФ» была организована распределенная система, состоящая из четырех приборов: по два анализатора для одновременных исследований на III пальцах рук и на I пальцах ног. Запись показателей с 4 анализаторов проводится одновременно в положении испытуемого сидя в течение 10 минут. Полученные материал обработан статистически с определением выборочной средней величины (M) показателя микроциркуляции и стандартного отклонения. За уровень статистически значимых принимали изменения при $p < 0,05$.

Результаты: M в возрастной группе 9-12 лет составил $22,7 \pm 5,5$ перфузионных единиц (пф.ед.) на левой руке, $27,8 \pm 3,1$ пф.ед. на правой руке, $15,1 \pm 7$ пф.ед. на правой ноге и $11,6 \pm 5,1$ пф.ед. на левой ноге. В группе 13-17 лет M составил $23,3 \pm 4,9$ пф.ед. на левой руке., $27,1 \pm 4,1$ пф.ед. на правой руке., $16,3 \pm 4,6$ пф.ед. на правой ноге и $12,3 \pm 4,8$ пф.ед. на левой ноге. При сравнении показателей на верхних и нижних конечностях выявлена статически достоверная разница ($p < 0,05$). Так же показатель микроциркуляции был выше на пальцах правой кисти, чем на левой, что может быть связано с более частой встречаемостью праворукости у детей.

Выводы: полученные результаты можно использовать в качестве контрольных показателей для оценки состояния микроциркуляторно-тканевой системы у детей.

Ключевые слова: лазерная доплеровская флоуметрия, микроциркуляция, дети, подростки

ASSESSMENT OF THE STATE OF THE MICROCIRCULATORY BED IN HEALTHY CHILDREN

N.A. Geppe, E.V. Aseeva, V.V. Sidorov, P.V. Berezhansky

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University); 119435, Moscow, Bolshaya Pirogovskaya str., 2, p. 4.

ООО НПП "LAZMA", Moscow, Russia

Abstract. The article is devoted to assessing the state of blood microcirculation in healthy children. The general state of blood microcirculation was diagnosed using LAZMA PF portable blood microcirculation analyzers. When comparing the parameters on the upper and lower extremities, a statistically significant difference was revealed ($p < 0.05$).

Keywords: laser doppler flowmetry, microcirculation, children, adolescents.

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ РЕАКТИВНОСТИ СОСУДОВ КОЖИ НА ТЕПЛОВОЕ И ОККЛЮЗИОННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ У ПАЦИЕНТОВ С САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ

Глазков А.А., Глазкова П.А., Селиванова Д.С., Красулина К.А., Ковалёва Ю.А., Рогаткин Д.А.
ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского, Россия, Москва

Введение. Все больше литературных данных свидетельствует от том, что неинвазивная оценка реактивности сосудов кожи может быть информативна у пациентов с сахарным диабетом для выявления микрососудистых осложнений и определения риска их развития. В данной работе приводятся результаты применения ряда подходов, позволяющих повышать диагностические характеристики методов изучения кровотока. **Материал и методы.** Исследования были выполнены с помощью метода некогерентной оптической флукуационной флоуметрии с включением трёх групп обследуемых: в группу 1 входили здоровые добровольцы, в группу 2 входили пациенты с сахарным диабетом 2 типа (СД 2) в группу 3 входили пациенты с СД 2 с синдромом диабетической стопы. Показатели кожного кровотока регистрировали на правой и левой сторонах тела в следующих локализациях: подушечка указательного пальца, тыл стопы, подушечка большого пальца стопы. Измерение на указательном пальце проводилось на фоне окклюзионной пробы (пережатие плечевой артерии), на пальце и тыле стопы – на фоне тепловых проб. **Результаты.** Было показано, что для показателей абсолютного уровня перфузии в момент нагрева статистически значимые различия в основном выявляются между группами 2 и 3. Для прироста перфузии на фоне нагрева по сравнению с базовым уровнем различия выявляются также и между группами 1 и 2. При этом индексы, учитывающие показатели и с пальца, и с тыла стопы обладают более высокими значениями чувствительности и специфичности в проведении классификации между группами, чем показатели в отдельности. Уровень перфузии в момент постокклюзионной гиперемии в группе 1 был значимо ниже, чем в группах 2 и 3, что мы полагаем было связано с более низкими значениями базового уровня перфузии на указательном пальце. При этом прирост перфузии по отношению к базовому уровню между группами не различался. **Заключение.** Одновременное проведение функциональных проб в нескольких локализациях и расчёт индексов, интегрально учитывающих результаты этих проб позволяют повышать диагностическую информативность оценки кожного кровотока у пациентов с СД 2.

Ключевые слова: кожный кровоток, сахарный диабет, реактивность сосудистого русла, некогерентная оптическая флукуационная флоуметрия.

ASPECTS OF ASSESSMENT OF SKIN VASCULAR REACTIVITY TO HEAT AND OCCLUSION IN PATIENTS WITH DIABETES MELLITUS

Glazkov A.A., Glazkova P.A., Selivanova D.S., Krasulina K.A., Kovaleva Yu.A., Rogatkin D.A.
M.F. Vladimirsky State Medical University of MONICA, Moscow, Russia

This study investigated non-invasive assessment of skin vascular reactivity in patients with diabetes. Three groups were included: healthy volunteers, patients with type 2 diabetes, and patients with diabetic foot syndrome. Measurements were taken at different locations on the body. The results showed significant differences in perfusion levels between groups during heating and post-occlusion hyperemia. Combining measurements from multiple locations improved the diagnostic accuracy. The study highlights the approaches to enhance the diagnostic capabilities of non-invasive blood flow assessment methods in patients with type 2 diabetes.

Keywords: skin blood flow, diabetes mellitus, vascular reactivity, incoherent optical fluctuation flowmetry.

ВЫЯВЛЕНИЕ ДИАБЕТ-АССОЦИИРОВАННЫХ ПОРАЖЕНИЙ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ПРИ ПОМОЩИ КОМБИНАЦИИ НЕИНВАЗИВНЫХ ОПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Глазкова П.А.¹, Глазков А.А.¹, Ларьков Р.Н.¹, Загаров С.С.¹, Лапитан Д.Г.¹, Ковалева Ю.А.¹,
Бабенко А.Ю.², Куликов Д.А.³, Кононова Ю.А.², Мазур Н.Н.¹, Бритвин Т.А.¹, Рогаткин Д.А.¹

¹ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского Россия, Москва,

²ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России Россия, Санкт-Петербург,

³ФГБОУ ВО «Государственный университет просвещения» Россия, Мытищи

Введение. Сегодня есть потребность в разработке новых высокоточных, неинвазивных, количественных подходов к оценке гемодинамики в тканях нижних конечностей у пациентов с сахарным диабетом (СД). Целью данного исследования стала апробация комплексной технологии «Вазотест» для выявления нарушений гемодинамики у пациентов с диабет-ассоциированными поражениями нижних конечностей. **Материалы и методы:** на пациентах с СД 2 типа было проведено наблюдательное исследование типа случай-контроль. В группу 1 вошли пациенты с сохранным кровоснабжением нижних конечностей (n=27, возраст 59 [56; 63.5]), что было подтверждено данными ультразвукового исследования сосудов. В группу 2 вошли пациенты с синдромом диабетической стопы (СДС) (n=27, возраст 64 [56.5; 67.5]), в том числе 22 пациента с нейро-ишемической формой СДС и стенозами магистральных артерий ног (подгруппа 2а), 5 пациентов с нейропатической формой СДС (подгруппа 2б). Всем пациентам оценивали показатели гемодинамики при помощи комплексной неинвазивной технологии «Вазотест», которая реализует три физических метода: методы некогерентной оптической флуктуационной флоуметрии (НОФФ), фотоплетизмографии и тонометрической осциллометрии, и позволяет оценивать параметры гемодинамики в ходе тепловой и окклюзионной проб. **Результаты:** Показано, что комбинация параметров тепловой реактивности на большом пальце и тыле стопы позволяет выявлять пациентов с СДС с чувствительностью 87% и специфичностью 90,7% (AUROC 0,9287, CI: 0,8791-0,978). При этом у пациентов с нейроишемической (подгруппа 2а) и нейропатической (подгруппа 2б) формами СДС значительно различались такие параметры кровотока как скорость пульсовой волны, индекс формы пульсовой волны, базовая перфузия и тепловая реактивность (p<0,05 для каждого из параметров). **Заключение.** Комбинация нескольких параметров перфузии, оцененных при помощи технологии «Вазотест», позволяет добиться высокой чувствительности и специфичности в выявлении пациентов диабет-ассоциированными поражениями конечностей. Параметры перфузии на стопе, скорость пульсовой волны, индекс формы пульсовой волны значительно различались у пациентов с разными формами СДС.

Ключевые слова: микроциркуляция, перфузия, метод некогерентной оптической флуктуационной флоуметрии, фотоплетизмография, сахарный диабет.

DETECTION OF DIABETES-ASSOCIATED LESIONS OF THE LOWER EXTREMITIES USING A COMBINATION OF NON-INVASIVE OPTICAL METHODS

Glazkova P.A.¹, Glazkov A.A.¹, Larkov R.N.¹, Zagarov S.S.¹, Lapitan D.G.¹, Kovaleva Yu.A.¹,
Babenko A.Yu.², Kulikov D.A.³, Kononova Yu.A.², Mazur N.N.¹, Britvin T.A.¹, Rogatkin D.A.¹

¹M. F. Vladimirsky State Medical Institution of the Ministry of Education and Science of Monika,

²NMIC named after V. A. Almazov" of the Ministry of Health of the Russian Federation, St.

Petersburg,

³State University of Education" Russia, Mytishchi

In this study, the «Vasotest» technology was tested in patients with diabetes-associated lesions of the lower extremities. A combination of several perfusion parameters has been shown to identify patients with diabetic foot syndrome with a sensitivity of 87% and specificity of 90.7% (AUROC 0.9287, CI:0.8791-0.978). Foot perfusion parameters, pulse wave velocity and pulse waveform index were significantly different in patients with neuroischemic and neuropathic form of diabetic foot syndrome.

Key words: microcirculation, perfusion, incoherent optical fluctuation flowmetry, photoplethysmography, diabetes mellitus.

ИЗУЧЕНИЕ РОЛИ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ В РЕАЛИЗАЦИИ ЭФФЕКТОВ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НА МИКРОЦИРКУЛЯЦИЮ

Голубева А.Г.

Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского; Россия, 41012, Саратов, ул. Б. Казачья, 112

Статья посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме влияния йодированных гормонов щитовидной железы на состояние системы микроциркуляторного русла.

В литературе имеются указания, что под влиянием трийодтиронина (Т3) и тетраiodтиронина (тироксин, Т4) сосудистые изменения характеризуются изменением тонуса, т.е. расширением, дилатацией. Вместе с тем известно о потенцирующем действии йодированных гормонов на симпатический отдел вегетативной нервной системы, что обуславливает повышение тонуса сосудов. Стенки сосудистого русла могут перестраиваться в зависимости от функциональной активности щитовидной железы.

При гипофункции щитовидной железы имеют место нарушения системы гемостаза, которые проявляются носовыми кровотечениями, кровотечениями в результате стоматологических процедур и др. Это происходит из-за нарушений баланса в системе свертывания крови и фибринолиза. Этому способствует удлинение активированного частичного тромбопластинового времени, снижение числа тромбоцитов, повышенное содержание фибриногена, уменьшение фактора Виллебранда.

В литературе имеются единичные работы, в которых рассматривается изменение микроциркуляции при гипертиреозе и гипотиреозе. При этом, адаптация микроциркуляционного русла на фоне заболеваний щитовидной железы в условиях гиподинамии и гипердинамии изучена крайне недостаточно. Исследования, направленные на решение данного вопроса значимы для планирования мер профилактики альтерации системы кровообращения у лиц с различным уровнем функциональной активности щитовидной железы.

Ключевые слова: щитовидная железа, микроциркуляция, гипотиреоз, гипертиреоз, физическая активность.

STUDY OF THE ROLE OF THE THYROID GLAND IN THE REALIZATION OF THE EFFECTS OF PHYSICAL ACTIVITY ON MICROCIRCULATION

A.G. Golubeva

Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky; 112 B. Kazachya str., Saratov, 41012, Russia

There are indications in the literature that under the influence of triiodothyronine (T3) and tetraiodothyronine (thyroxine, T4) vascular changes are characterized by a change in tone, i.e. dilation, dilation. At the same time, it is known about the potentiating effect of iodized hormones on the sympathetic part of the autonomic nervous system, which causes an increase in vascular tone.

With hypofunction of the thyroid gland, there are violations of the hemostasis system, which are manifested by nosebleeds, bleeding as a result of dental procedures, etc. This is due to imbalance in the blood clotting system and fibrinolysis.

There are isolated works in the literature that consider changes in microcirculation in hyperthyroidism and hypothyroidism. At the same time, the adaptation of the microcirculation against the background of thyroid diseases in conditions of hypodynamia and hyperdynamia has been studied extremely insufficiently. Studies aimed at solving this issue are important for planning measures to prevent alterations of the circulatory system in individuals with different levels of functional activity of the thyroid gland.

Key words: thyroid gland, microcirculation, hypothyroidism, hyperthyroidism, physical activity.

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ЛАЗЕРНОЙ СПЕКЛ-КОНТРАСТНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ЦЕРЕБРАЛЬНОГО КРОВОТОКА

Голубова Н.В., Серёгина Е.С., Потапова Е.В., Дрёмин В.В.

НТЦ биомедицинской фотоники, ОГУ им. И.С. Тургенева; Россия, 302026 Орел, ул.

Комсомольская, д. 95

Изучение микроциркуляции крови является актуальным вопросом для медицины, так как данные о микрогемодинамике можно использовать как для диагностики, так и для проведения терапии. На данный момент активно развивается метод лазерной спекл-контрастной визуализации (ЛСКВ), позволяющий проводить картирование кровотока в исследуемой области, а также получать и анализировать количественные данные. Таким образом, работа посвящена применению метода ЛСКВ для транскраниального мониторинга церебрального кровотока лабораторного животного. Предварительные исследования были одобрены Этическим комитетом Орловского государственного университета и проведены на одной особи лабораторной крысы линии Wistar возрастом 1 месяц. После премедикации и обезболивания животное фиксировалось на столике хирургической системы мониторинга для грызунов. Голова крысы закреплялась в стереотаксисе, для доступа к головному мозгу кожа удалялась, а черепная коробка оставалась целостной. Лазерный источник излучения освещал область исследования, с помощью видеокамеры изображения регистрировались на протяжении 5 минут и обрабатывались в среде Matlab, что позволило визуализировать церебральные кровеносные микрососуды. В результате проведения частотного анализа ЛСКВ-перфузии в трёх регионах исследования было установлено, что сердечные колебания проявляются примерно одинаково интенсивно во всех регионах исследования; дыхательные колебания преобладают в верхнем сагиттальном синусе; миогенные колебания имеют наиболее высокую амплитуду в притоке верхнего сагиттального синуса. Таким образом, установка ЛСКВ и созданный алгоритм обработки позволяют изучать кровотоки в биотканях, что применимо в различных медицинских и научных приложениях. Исследование выполнено при поддержке РФФ в рамках проекта № 22-75-10088.

Ключевые слова: лазерная спекл-контрастная визуализация, церебральное кровообращение, обработка биомедицинских сигналов.

SPECTRAL ANALYSIS OF LASER SPECKLE CONTRAST IMAGING DATA OF CEREBRAL BLOOD FLOW

N.V. Golubova, E.S. Seryogina, E.V. Potapova, V.V. Dremin

STC of Biomedical Photonics, I.S. Turgenev OSU; Russia, 302026 Orel, Komsomolskaya str., 95

Abstract. The article is devoted to the application of the laser speckle contrast imaging (LSCI) for transcranial monitoring of cerebral blood flow in a laboratory animal (one-month-old Wistar rat). Data processing made it possible to visualize cerebral blood microvessels. As a result of LSCI-perfusion frequency analysis in three regions of interest, we found that cardiac oscillations manifested approximately equally intensely in all study regions; respiratory oscillations prevailed in the upper sagittal sinus; myogenic oscillations had the highest amplitude in the influx of the upper sagittal sinus. Thus, the LSCI setup and the algorithm of LSCI data processing allow to study blood flow in biotissues, which is applicable to a variety of medical and scientific applications. The study was supported by the RSF under project № 22-75-10088.

Keywords: laser speckle contrast imaging, cerebral blood flow, biomedical signal processing.

ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЗМОВ H₂S-ОПОСРЕДОВАННОЙ ДИЛАТАЦИИ ПИАЛЬНЫХ АРТЕРИЙ У КРЫС РАЗНОГО ВОЗРАСТА

Горшкова О.П.

Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Россия, 199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, д.6.

Старение сопровождается развитием сосудистой дисфункции, в основе которой может лежать нарушение действия и /или эффективности сигнальных молекул, таких как сероводород (H₂S), который играет значительную роль в развитии патологических процессов в сердечно-сосудистой системе. Важнейшим элементом, обеспечивающим вазоактивную функцию H₂S в мозговых сосудах, является активация АТФ – зависимых калиевых каналов (K_{АТФ}) и кальций чувствительных калиевых каналов большой проводимости (BK_{Ca}). У крыс в возрасте 4 и 18 месяцев методом прижизненной микрофотосъемки проведена сравнительная оценка вклада этих каналов в дилатацию пиальных артерий разных диаметров на воздействие раствора донора экзогенного H₂S – гидросульфида натрия (NaHS, 30 мкМ). Исследовали дилатацию на фоне и в отсутствии блокады каналов: K_{АТФ} – глибенкламид (ГБ), 10 мкМ; BK_{Ca} – тетраэтиламмоний хлорид (ТЭА), 2 мМ. Об изменении роли каналов в дилатации судили по числу и степени реакции, измеряя ширину потока эритроцитов.

У 4 месячных крыс NaHS вызывал дилатацию 56% артерий, у 18 месячных – 42%. Наибольшее уменьшение числа дилатаций (на 40%) отмечено у артерий диаметром более 20 мкм. Число H₂S–опосредованных дилатаций на фоне блокаторов уменьшалось. У 4 месячных крыс ГБ уменьшал число дилатаций артерий диаметром менее 40 мкм (на 20%), ТЭА уменьшал число и амплитуду дилатаций артерий всех исследованных диаметров в 2 и более раз. У 18 месячных крыс ГБ уменьшал число дилатаций только у артерий менее 40 мкм (на 40%), ТЭА - число дилатаций артерий диаметром менее 20 мкм (на 43%).

Установлено, что возрастные изменения H₂S–индуцированной дилататорной реакции пиальных артерий у крыс зависят от размера сосудов. С возрастом снижается выраженность дилатации артерий диаметром больше 20 мкм. При этом старение не влияет на дилатацию более мелких артерий. Эти нарушения могут быть связаны с изменениями процессов, обусловленных активацией калиевых каналов. Старение сопровождается увеличением вклада K_{АТФ} – каналов в H₂S–опосредованную дилатацию пиальных артерий диаметром менее 40 мкм. Вклад BK_{Ca} – каналов в дилатацию с возрастом снижается. И у 18 месячных крыс они практически не участвуют в H₂S–опосредованной дилатации пиальных артерий диаметром более 20 мкм.

Ключевые слова: H₂S–опосредованная вазодилатация, K_{АТФ} и BK_{Ca} – каналы, старение, пиальные артерии.

MECHANISMS OF H₂S-MEDIATED DILATION OF PIAL ARTERIES IN RATS OF DIFFERENT AGES

O.P. Gorshkova

I.P. Pavlov Institute of Physiology of the Russian Academy of Sciences, Russia, 199034, St. Petersburg, nab. Makarova, 6.

Abstract. It was found that age-related changes in H₂S – induced dilatation of the pial arteries in rats depend on the size of the vessels. With age, the severity of dilatation of arteries with a diameter of more than 20 μm decreases. These disorders are probably related to changes in the processes caused by the activation of potassium channels. An age-related increase in the contribution of K_{АТФ} channels to the dilation of arteries with a diameter of less than 40 μm and the absence of the contribution of BK_{Ca} channels to dilatation in arteries with a diameter of more than 20 μm was found.

Keywords: H₂S–mediated vasodilation, K_{АТФ} and BK_{Ca} – channels, aging, pial arteries.

СТРЕСС-ИНДУЦИРОВАННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ ПРИ ПОВРЕЖДЕНИИ ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ НЕРВОВ

Григорьева М.И.

Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского; Россия, 41012, Саратов, ул. Б. Казачья, 112

Статья посвящена изучению анализу данных о стресс-индуцированных изменениях микроциркуляции при повреждении периферических нервов. Изучение процессов микроциркуляции при повреждении периферических нервов остаётся необходимым направлением экспериментальных и клинических исследований, так как микроциркуляторное русло — одна из важнейших систем, в которых заболевание проявляется на ранних этапах. С целью изучения вопроса обработаны источники литературы из электронных библиотек elibrary, Scopus, pubmed. При травме периферических нервов в зоне иннервации развивается денервационная гиперчувствительность, которая затрагивает не только скелетную мышечную ткань, но и гладкие мышцы сосудов. В результате этого состояния происходит повышение чувствительности гладких миоцитов к циркулирующим катехоламинам, что сопровождается спазмом сосудов. Повышение тонуса гладких мышц приносящих сосудов (артериол) приводит к ограничению притока крови в микроциркуляторное русло. Стресс усиливает микроциркуляторные нарушения, за счёт увеличения концентрации катехоламинов в крови. Всё это препятствует, в конечном итоге, реализации его транспортной функции и вызывает ограничение поступления метаболитов необходимых для регенерации, приводя к развитию трофических нарушений в окружающих тканях.

Ключевые слова: микроциркуляция, повреждение периферических нервов, стресс.

STRESS-INDUCED CHANGES IN MICROCIRCULATION IN DAMAGE TO PERIPHERAL NERVES

M. I. Grigoryeva

Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky; 112 B. Kazachya str., Saratov, 41012, Russia

The article is devoted to the study of the analysis of data on stress-induced changes in microcirculation in case of damage to peripheral nerves. The study of microcirculation processes in case of damage to peripheral nerves remains a necessary direction of experimental and clinical research, since the microcirculatory bed is one of the most important systems in which the disease manifests itself in the early stages. In order to study the issue, literature sources from the electronic libraries elibrary, Scopus, pubmed were processed. With an injury to the peripheral nerves in the zone of innervation, denervation hypersensitivity develops, which affects not only skeletal muscle tissue, but alsovascular smooth muscle. As a result of this condition, there is an increase in the sensitivity of smooth myocytes to circulating catecholamines, which is accompanied by vasospasm. Increased tone of smooth muscles of afferent vessels (arterioles) leads to restriction of blood flow into the microvasculature. Stress enhances microcirculatory disturbances by increasing the concentration of catecholamines in the blood. All this ultimately prevents the implementation of its transport function and causes a restriction in the supply of metabolites necessary for regeneration, leading to the development of trophic disorders in the surrounding tissues.

Key words: microcirculation, peripheral nerve damage, stress.

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ НЕИНВАЗИВНОЙ ОЦЕНКИ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КАПИЛЛЯРНОЙ КРОВИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В КАРДИОЛОГИИ

Гурфинкель Ю.И.¹, Советников Е.Н.¹, Дячук Л.И.¹, Романова А.А.², Луговцов А.Е.², Приезжев А.В.².

¹ Медицинский научно-образовательный центр МГУ имени М. В. Ломоносова. Россия, Москва,

² Физический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова. Россия, Москва.

Последние 10 лет в кардиологических клиниках мира широко применяются прямые оральные антикоагулянты (ПОАК) для профилактики тромбэмболических осложнений. ПОАК имеют ряд серьезных преимуществ перед инъекционными препаратами. К сожалению, лабораторные критерии, позволяющие персонализировать дозировку препаратов этой группы и в ходе лечения контролировать эффективность и возможные риски, связанные с передозировкой препарата или его недостаточной эффективностью, отсутствуют. В докладе представлены результаты исследований реологических свойств капиллярной крови, проведенных с помощью цифровой капилляроскопии (Капилляроскан-1, Россия) у кардиологических пациентов, принимающих оральные антикоагулянты. Продемонстрированы возможности программного обеспечения, использующего нейросети для цифровой обработки изображений, позволяющие измерять не только скорость капиллярного кровотока, но и количество агрегатов и их размер в капиллярах системы микроциркуляции крови. В исследовании участвовало 65 пациентов кардиологического отделения МНОЦ МГУ имени М.В.Ломоносова. Средний возраст $73,7 \pm 9$ лет, пациентов с ИБС - 27, с фибрилляцией предсердий (ФП) - 38. Оральные антикоагулянты принимали 64 человека (апиксабан, ривароксабан).

Полученные результаты показали, что наибольшее количество агрегатов выявлено у пациентов с пароксизмальной формой ФП, начавших прием антикоагулянтов, уже находясь в стационаре. В этой подгруппе также выявлен наибольший размер агрегатов, тогда как у пациентов с постоянной формой ФП, принимавших антикоагулянты длительно, количество и размеры агрегатов существенно ниже. Таким образом, представленный метод позволяет неинвазивно контролировать реологические свойства капиллярной крови и персонализировать необходимую для пациента дозировку оральных антикоагулянтов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФ № 22-15-00120.

Ключевые слова: агрегация эритроцитов, скорость капиллярного кровотока, ишемическая болезнь сердца, фибрилляция предсердий, оральные антикоагулянты.

NEW POSSIBILITIES FOR NON-INVASIVE ASSESSMENT OF RHEOLOGICAL PROPERTIES OF CAPILLARY BLOOD AND THEIR APPLICATION IN CARDIOLOGY

Yu.I. Gurfinkel¹, E.N. Sovetnikov¹, L.I. Dyachuk¹, A.A. Romanova², A.E. Lugovtsov², A.V. Priezzhev².

¹Medical Research and Education Center, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia;

²Faculty of Physics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Abstract. Over the past 10 years, direct oral anticoagulants have been widely used in cardiology clinics around the world to prevent thromboembolic complications. Unfortunately, there are no laboratory criteria that allow monitoring the effectiveness and possible risks associated with an overdose of the drug or its insufficient effectiveness during treatment. The paper presents the results of studies using digital capillaroscopy (Capillaroscan-1, Russia) in cardiac patients taking oral anticoagulants. The possibilities of software using neural networks for digital image processing are demonstrated, which make it possible to obtain not only the rate of capillary blood flow, but also the number of aggregates and their size in the capillaries of blood microcirculation system. Thus, the presented method makes it possible to non-invasively monitor the rheological properties of capillary blood and personalize the dosage of oral anticoagulants.

Keywords: red blood cell aggregation, capillary blood velocity, coronary heart disease, atrial fibrillation, oral anticoagulants.

**СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ ГЕМОРЕОЛОГИИ В ПРЕПОДАВАНИИ
МЕДИЦИНСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ**

Дигурова И.И.

ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; Россия, 117997 Москва, ул. Островитянова, 1

Повышению мотивации к изучению физики и биофизики у студентов медицинского университета способствует профессиональная направленность учебного материала. Понимание клинического значения макро – и микрореологических показателей является важным при рассмотрении физических основ гемореологии. Для наглядной демонстрации межпредметных связей использовалось составление перспективных схем по практическому применению знаний по гемореологии, их взаимодействие с изученным ранее материалом по физике. Профессионально ориентированные задачи составлялись на основании данных из научных литературных источников. На лабораторно – практических занятиях рассматривались физические основы различных методов определения гемореологических показателей и оценки системы микроциркуляции в клинике. Интегрирование результатов научных исследований в образовательный процесс повышало мотивацию студентов первого курса медицинского университета к изучению физики, популяризировало достижения гемореологии, активизировало познавательную деятельность учащихся. Внедрение результатов современных гемореологических исследований в преподавание медицинской и биологической физики способствует более качественной профессиональной подготовке студентов.

Ключевые слова: гемореология, медицинская и биологическая физика**MODERN ACHIEVEMENTS OF HEMORHEOLOGY IN TEACHING MEDICAL
AND BIOLOGICAL PHYSICS**

I.I. Digurova

"Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov" of the Ministry of Health of the Russian Federation; Russia, 117997 Moscow, Ostrovityanova str., 1

Abstract. Promising schemes for the practical application of knowledge in hemorheology, professionally oriented tasks based on scientific data increase the motivation for studying physics and biophysics among students of a medical university. It is important to consider the physical foundations of various methods for determining hemorheological parameters and assessing the microcirculation system in the clinic. Integration of the results of modern scientific research into the teaching of medical and biological physics contributes to the popularization of hemorheology, activates the cognitive activity of students.

Keywords: hemorheology, medical and biological physics.

**СОСТОЯНИЕ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ И АРТЕРИАЛЬНОГО КРОВОТОКА
У БОЛЬНЫХ ПОСТКОВИДНЫМ СИНДРОМОМ С СОПУТСТВУЮЩЕЙ
СЕРДЕЧНОСОСУДИСТОЙ ПАТОЛОГИЕЙ**

Довыденко М.В., Халепо О.В.

Смоленский государственный медицинский университет, Россия, 214019 Смоленск, ул.
Крупской, 28

У пациентов с сердечнососудистыми заболеваниями постковидный синдром протекает с особой тяжестью, что может быть связано с уже имеющимся поражением сосудистого эндотелия и расстройствами периферического кровообращения, которые лежат и в основе патогенеза поражения COVID-19. Методом высокочастотной ультразвуковой доплерографии изучен кровоток в межпальцевой артерии и регионарный кровоток в области ногтевого валика пальца верхней конечности у больных с ишемической болезнью сердца (ИБС) и артериальной гипертензией (АГ), получающих стандартную терапию с включением антиагрегантов (1 группа), у пациентов с постковидным синдромом и кардиоваскулярной патологией, получавших терапию антикоагулянтами (2 группа). В межпальцевой артерии у больных 1 группы максимальная систолическая скорость по кривой максимальной скорости (V_s) и систолическая скорость (Q_s) были меньше, чем в контроле на 14,9%. У пациентов 2 группы максимальная систолическая скорость по кривой средней скорости (V_{as}) была меньше на 38,4%, систолическая скорость по кривой средней скорости (Q_{as}) - на 38% и средняя скорость (Q_{am}) - на 62% по сравнению с контролем. В системе микроциркуляции у пациентов с ИБС и АГ показатели линейной и объемной скорости были меньше, чем у здоровых лиц: V_s на 53,6%, V_m на 52,4%, Q_s на 30,6 %. У пациентов 2 группы скоростные показатели в системе микроциркуляции не различалось с контролем. Таким образом, в межпальцевой артерии у пациентов обеих групп обнаружено снижение линейной и объемной скорости кровотока, но степень изменений была выше у пациентов с коморбидной патологией. В системе микроциркуляции у пациентов с сердечнососудистыми заболеваниями показатели линейной и объемной скорости кровотока также были снижены, а у больных постковидным синдромом изменений скоростных характеристик гемодинамики не выявлено, что может свидетельствовать об эффективности используемой терапии.

Ключевые слова: постковидный синдром, микроциркуляция, высокочастотная ультразвуковая доплерография, сердечнососудистые заболевания

**THE STATE OF MICROCIRCULATION AND ARTERIAL BLOOD FLOW IN PATIENTS
WITH POST-COVIDED SYNDROME WITH CONCOMITANT CARDIOVASCULAR
PATHOLOGY**

M.V. Dovydenko, O.V. Khalepo

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

Abstract. Identification of hemodynamic features in the vessels of the microvasculature and arteries of medium and small caliber in patients with post-COVID syndrome and cardiovascular pathology is especially relevant, as it will objectively evaluate the effectiveness of treatment. The study of blood flow in the interdigital artery by high-frequency ultrasound Dopplerography revealed a decrease in velocity characteristics in patients with cardiovascular diseases and post-covid syndrome combined with cardiovascular pathology, however, the degree of changes was higher in patients with comorbid pathology. In the microcirculation system in patients with cardiovascular diseases, the blood flow rate was reduced, and in patients with post-COVID syndrome no changes were found.

Keywords: post-COVID syndrome, microcirculation, high-frequency Dopplerography ultrasound, cardiovascular diseases.

СВЯЗЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ С ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ СПОРТСМЕНОК

Доможилова А.А., Пазова В.К.

ФГБОУ ВО «Национальный государственный Университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург»; Россия, 190121, г. Санкт-Петербург, ул. Декабристов, д. 35.

Известно, что спортивная деятельность сопряжена со значительными психоэмоциональными нагрузками, которые могут приводить к изменениям вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы. При этом основное внимание исследователей направлено преимущественно на изучение особенностей работы сердца, однако, очевидно, что микрососудистое русло также может позволить получить важную информацию о функциональном состоянии атлетов.

В исследовании принимали участие спортсменки (n=9, квалификация КМС-МСМК), представляющие акробатический рок-н-ролл. Изучение микроциркуляции выполняли с использованием доплерографа Минимакс-Допплер-К при проведении дыхательной пробы. В нашей работе были зарегистрированы и проанализированы показатели средней скорости кровотока (V_{am}, см/с). Психофизиологическое состояние испытуемых оценивали с помощью опросника «Стресс-восстановление у спортсменов». Для корреляционного анализа полученных данных применяли коэффициент Спирмена.

Выполнение задержки дыхания приводило к снижению показателей скорости кровотока в группе спортсменок на 31% (p<0,05). В свою очередь после восстановления дыхания наблюдался прирост V_{am} относительно исходных значений на 87% (p<0,05). Важно подчеркнуть, что у девушек регистрировались индивидуальные вариации показателей микроциркуляции. В этой связи необходимо отметить статистически значимую корреляционную связь характеристики психофизиологического состояния спортсменок по шкале «Общий стресс» со значениями скорости кровотока как во время пробы (r=0,737, p<0,05), так и после ее выполнения (r= 0,672, p<0,05).

Таким образом, нами было показано, что особенности регуляции периферического кровотока связаны с психофизиологическим состоянием спортсменок.

Ключевые слова: скорость кровотока, регуляция микроциркуляции, спортсменки.

THE RELATIONSHIP OF MICROCIRCULATION WITH THE PSYCHOPHYSIOLOGICAL STATE OF FEMALE ATHLETES

A.A. Domozhilova, V.K. Pazova

Lesgaft National State University of Physical Education, Sport and Health, St. Petersburg; 35 Dekabristov str., Saint Petersburg, 190121.

The study of microcirculation was performed using a Minimax-Doppler-K Doppler during a respiratory test in acrobatic rock and roll female athletes (n=9). The psychophysiological state of the female athletes was assessed using the RESTQ-Sport questionnaire. The study revealed a correlation relationship between the "General stress" characteristic and the values of blood flow velocity both during the test (r=0.737, p<0.05) and after its execution (r= 0.672, p<0.05).

Keywords: blood flow velocity, regulation of microcirculation, female athletes.

ВЛИЯНИЕ КУРСОВОГО ВВЕДЕНИЯ ПРОИЗВОДНЫХ ИНДОЛА НА АРТЕРИАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ И ВЯЗКОСТЬ КРОВИ У КРЫС ЛИНИИ SHR

Дунаева О.И., Алиев О.И., Волов А.Н., Плотников М.Б.

Научно-исследовательский институт фармакологии и регенеративной медицины имени Е.Д. Гольдберга, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук, Томск, Россия

Действие основных классов антигипертензивных средств направлено в большей степени на контроль сосудистого тонуса. Однако известно, что изменение гемореологических показателей вносит существенный вклад в развитие и течение артериальной гипертензии. В связи с этим, поиск и разработка лекарственных препаратов, имеющих в спектре фармакологической активности, как антигипертензивное действие, так и положительный эффект на вязкость крови, является актуальным. Производные индола, способные блокировать рецепторы к ангиотензину II 1 типа, (Vol01, Vol02) вводили внутривентрикулярно однократно ежедневно в течение 6 недель крысам самцам линии SHR. В качестве препарата сравнения использовали лозартан. Артериальное давление измеряли у бодрствующих животных с помощью NIBP200A. Вязкость крови измеряли на ротационном вискозиметре Brookfield DV-II+Pro. Для оценки достоверности различий использовали непараметрические критерии Краскела-Уоллиса и Манна-Уитни. Vol01 (в дозах 1 мг/кг и 5 мг/кг) и Vol02 (в дозах 5 мг/кг и 15 мг/кг) статистически значимо снижали артериальное давление по сравнению с контролем. Vol01 (в дозе 5 мг/кг) превосходило по выраженности эффекта лозартан. Vol01 (в дозе 1 мг/кг), Vol02 (в дозах 5 мг/кг и 15 мг/кг) и лозартан не оказывали статистически значимого влияния на вязкость крови в диапазоне скоростей сдвига 15–450 с⁻¹. Vol01 (в дозе 5 мг/кг) статистически значимо снижало вязкость крови на всех скоростях сдвига. Производные индола Vol01, Vol02 проявляют антигипертензивную активность у крыс линии SHR, при этом Vol02 снижает вязкость крови.

Ключевые слова: артериальная гипертензия, вязкость крови, блокаторы рецепторов ангиотензина II.

EFFECT OF COURSE ADMINISTRATION OF INDOLE DERIVATIVES ON BLOOD PRESSURE AND BLOOD VISCOSITY IN SPONTANEOUSLY HYPERTENSIVE RATS

O.I. Dunaeva, O.I. Aliev, A.N. Volov, M.B. Plotnikov

E.D. Goldberg Research Institute of Pharmacology and Regenerative Medicine, Tomsk National Research Medical Center of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia

Abstract. The action of the main classes of antihypertensive agents is aimed more at controlling vascular tone. However, it is known that changes in hemorheological parameters make a significant contribution to the development and course of hypertension. In this regard, the search and development of drugs that have both an antihypertensive effect and a positive effect on blood viscosity in the spectrum of pharmacological activity is relevant. Indole derivatives capable of blocking type 1 angiotensin II receptors (Vol 01, Vol 02) were administered intragastrically once daily for 6 weeks to male SHR. Losartan was used as a comparison drug. Vol 01 (at doses of 1 mg/kg and 5 mg/kg) and Vol 02 (at doses of 5 mg/kg and 15 mg/kg) significantly reduced blood pressure compared to the control. Vol 01 (at a dose of 5 mg/kg) was superior in the severity of the effect of losartan. Vol01 (at a dose of 1 mg/kg), Vol02 (at doses of 5 mg/kg and 15 mg/kg) and losartan did not have a statistically significant effect on blood viscosity in the range of shear rates of 15-450 s⁻¹. Vol 01 (at a dose of 5 mg/kg) significantly reduced blood viscosity at all shear rates. Indole derivatives Vol 01, Vol 02 exhibit antihypertensive activity in SHRs, while Vol02 reduces blood viscosity.

Key words: arterial hypertension, blood viscosity, angiotensin II receptor blockers.

**ГЕМОРЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕМОСТАЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ
У ПАЦИЕНТОВ ОБЛИТЕРИРУЮЩИМ ТРОМБАНГИИТОМ**

Емануйлова Н.В., Емануйлов В.И., Масина И.В., Замышляев А.В., Четвертакова Ж.Е.
ФГБОУ ВО ЯГМУ Минздрава России, 150000, г.Ярославль, ул. Революционная, 5.

Введение. Целью исследования являлось исследование потоковых свойств крови и системы гемостаза у больных облитерирующим тромбангиитом (ОТА).

Методы. Обследовано 20 больных ОТА. Измеряли вязкость цельной крови при низких (ВЦК2) и высоких (ВЦК1) скоростях сдвига, плазмы (ВП), суспензии эритроцитов (ВСЭ) на полуавтоматическом капиллярном вискозиметре, индекс эффективности доставки кислорода в ткани (Hct/η) - ТО2, индекс ригидности эритроцитов - Тк, агрегацию эритроцитов: показатель агрегации (ПА) и число агрегатов (ЧА). Состояние тромбоцитарного звена гемостаза изучали на агрегометре BIOA 230LA, измеряя спонтанную агрегацию и агрегацию тромбоцитов (АТ) с индуктором АДФ и коллагеном. Исследование гемокоагуляции проводилось на коагулометре Solar, определялись: АЧТВ, ТВ, ПВ, Д-димеры полуколичественным способом.

Результаты. В реологической картине больных ОТА отмечалось увеличение ВЦК1 - на 26,8% ($p<0,01$), ВЦК2 - на 14,8% ($p<0,01$), рост ВП на 14,1% ($p<0,01$), нарушение микрореологических характеристик: рост ЧА на 36,9% ($p<0,01$) и ПА на 94,8% ($p<0,01$), повышение индекса Тк на 16,4% ($p<0,01$), рост Нт в сравнении с контролем на 5,8% ($p<0,01$) и снижение транспортного потенциала крови на 36,6% ($p<0,01$). При исследовании плазменного и тромбоцитарно-сосудистого гемостаза в плазме больных ОТА отмечено повышение концентрации Д-димера у 20% больных, а также ускорение ТВ ($p<0,01$). При регистрации спонтанной агрегации тромбоцитов, а также агрегации тромбоцитов с АДФ 5 и коллагеном результаты превышали контрольные значения на 7,3% ($p<0,01$), 52,7% ($p<0,01$) и 47,5% ($p<0,01$) соответственно.

Заключение. У пациентов с ОТА были выявлены преимущественно реологические нарушения, значительное снижение транспортного потенциала крови и ухудшение доставки кислорода в ткани, можно отметить, что у всех исследуемых больных отмечался синдром гипервязкости. Также отмечалась выраженная активация тромбоцитарно-сосудистого звена, а изменения в системе внутрисосудистой гемокоагуляции носили менее выраженный характер.

Ключевые слова: облитерирующий тромбангиит, гемореология, гемокоагуляция.

**HEMOSTASIOLOGICAL AND HEMORRHEOLOGICAL PARAMETERS IN PATIENTS
WITH THROMBANGIITIS OBLITER**

N.V. Emanuylova, V.I. Emanuylov, I.V. Masina, A.V. Zamyshlyayev, Zh.E. Chetvertakova
YSMU of the Ministry of Health of Russia, 150000, Yaroslavl, Revolutsionnaya str., 5.

Abstract. In patients with ОТА, predominantly rheological disorders were detected, a significant decrease in the transport potential of the blood and a deterioration in oxygen delivery to the tissues, it can be noted that all the studied patients had hyperviscosity syndrome. There was also a pronounced activation of the platelet-vascular link, and changes in the system of intravascular hemocoagulation were less pronounced.

Keywords: thromboangiitis obliterans, hemorheology, hemocoagulation.

ИЗМЕНЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ РЕГУЛЯЦИИ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ ПРИ ПРЯМОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ГЕНЕРАЦИИ СИНГЛЕТНОГО КИСЛОРОДА

Ератова Л.В., Маковик И.Н.

НТЦ биомедицинской фотоники ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», Россия, 302020, г. Орёл, Наугорское шоссе 29

Работа посвящена изучению влияния синглетного кислорода (СК) при его прямой оптической генерации на параметры микроциркуляторного русла и его регуляторные механизмы. Как считается, СК способен влиять на изменение сосудистого русла и реологические свойства крови, проявляющиеся в застое и экстравазации крови, окклюзии сосудов. Однако исследования свойств СК ранее проводились в присутствии фотосенсибилизаторов (ФС), способствующих генерации СК, что не позволяло выявить исключительное влияние СК. Поэтому видится перспективным *оптическая генерация* СК, подразумевающая возбуждение триплетной формы кислорода лазерным излучением длиной волны максимального поглощения (1267 нм) для перехода в синглетное состояние.

Для изучения механизмов регуляции микроциркуляции, включающихся при генерации СК, использовался многофункциональный лазерный исследовательский комплекс «МЛИК» (ООО НПП «ЛАЗМА»), сочетающий в себе методы лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) и флуоресцентной спектроскопии. Конструктивные особенности прибора: возможность подключения внешнего лазерного источника 1267 нм через единый волоконно-оптический зонд – позволили производить исследования непрерывно в три этапа (до, во время, после генерации СК), тем самым исключая смещение волоконно-оптического зонда. Измерения производились на ладонной поверхности дистальной фаланги среднего пальца кисти правой руки (8 условно-здоровых добровольцев по 4 повторения) в течение 30 мин (10 мин на каждый этап исследования). Для оценки достоверности наблюдаемых различий использовался непараметрический тест Манна-Уитни. Достоверно значимыми различия параметров считались при $p < 0,05$.

В результате анализа данных были сформированы группы по доминирующему изменению между этапами в активных механизмах регуляции тонуса сосудов, после чего были выгружены абсолютные значения амплитуд колебаний кровотока в соответствии с групповым разделением. В результате исследования было установлено, что воздействие СК приводит к доминирующему приросту ($p < 0,05$) в амплитудах колебаний кровотока эндотелиального и нейрогенного генеза. Так, можно говорить о том, что СК избирательно влияет на мелкие артерии и артериоло-венулярные анастомозы при перераспределении кровотока. Сделан вывод о пролонгированном влиянии СК ввиду преобладания ритмов кровотока после окончания лазерного воздействия.

Ключевые слова: синглетный кислород, лазерная доплеровская флоуметрия, прямая оптическая генерация, 1267 нм, микроциркуляторное русло

CHANGES IN MICROCIRCULATORY MECHANISMS DURING DIRECT OPTICAL GENERATION OF SINGLET OXYGEN

L. V. Eratova, I.N. Makovik

STC of Biomedical Photonics FGBOU VO "OSU named after I.S. Turgenev", Russia, 302020, Orel, Naugorskoe highway 29

Abstract The article is devoted to the study of the effect of laser-induced singlet oxygen (SO) on the parameters of the microcirculatory system (MCS). To study the mechanisms of regulation of the MCS blood flow activated during SO generation, a multifunctional laser research complex combining methods of laser Doppler flowmetry (LDF) and fluorescence spectroscopy was used. The groups were formed according to the dominant change between the stages in the active mechanisms of vascular tone regulation. As a result of the study, it was found that exposure to SO leads to a dominant increase ($p < 0.05$) in the amplitudes of blood flow oscillations of endothelial and neurogenic genesis. Thus, we can say that SO selectively affects small arteries and arteriovenous anastomosis and redistributes blood flow.

Keywords: singlet oxygen, laser Doppler flowmetry, direct optical generation, 1267 nm, microcirculatory bed.

**ИЗМЕНЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕФОРМИРУЕМОСТИ И АГРЕГАЦИИ
ЭРИТРОЦИТОВ: ВЛИЯНИЕ ГАЗОТРАНСМИТТЕРОВ**Ермолинский П.Б.¹, Максимов М.К.¹, Муравьев А.В.², Луговцов А.Е.¹, Приезжев А.В.¹¹Физический факультет, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия²Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского, Ярославль, Россия

Многие заболевания вызывают патологические состояния системы крови в том числе из-за нарушения процессов обратимой агрегации эритроцитов и их деформируемости. Эти процессы значительно влияют на микрореологию крови в целом и зависят от многих факторов, в частности, от наличия в крови оксида азота, выступающего в качестве основной сигнальной молекулы, влияющей на кровоток: оксид азота вызывает релаксацию гладкомышечного слоя кровеносных сосудов и выполняет ряд важных функций. Цель данного исследования состояла в изучении влияния оксида азота на микрореологические свойства эритроцитов в образцах крови при добавлении донора оксида азота – нитропруссид натрия. Агрегационные и деформационные свойства измерялись с помощью лазерного агрегометра-деформометра эритроцитов RheoScan. Показано, что агрегация и деформируемость эритроцитов в образцах крови с гепарином лития увеличивается при концентрации нитропруссид натрия 100 и 200 мкМ. Однако, в крови, стабилизированной ЭДТА-антикоагулянтом, агрегация эритроцитов снижается при увеличении концентрации нитропруссид натрия, а деформируемость статистически значимо не изменяется. В растворе декстрана с отмытыми эритроцитами наблюдается уменьшение агрегации и увеличение деформируемости эритроцитов при добавлении нитропруссид натрия при концентрациях 100 и 200 мкМ. Данные результаты важны для понимания механизмов действия оксида азота на свойства эритроцитов, которые определяют течение крови.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ № 22-15-00120.

Ключевые слова: деформируемость эритроцитов, агрегация эритроцитов, оксид азота, лазерная деформометрия, лазерная агрегометрия, газотрансмиттеры.

**CHANGES IN RED BLOOD CELL DEFORMABILITY AND AGGREGATION
PARAMETERS: INFLUENCE OF GAS TRANSMITTERS**P.B. Ermolinskiy¹, M.K. Maximov¹, A.V. Muravyov², A.E. Lugovtsov¹, A.V. Priezzhev¹¹Faculty of Physics, M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia²K.D. Ushinsky Yaroslavl State Pedagogical University, Yaroslavl, Russia

Abstract. Reversible red blood cell (RBC) aggregation and RBC deformation mainly determine the blood microreology and depend on various factors, one of which is the nitric oxide signaling molecule. The aim of this study was to investigate the effect of nitric oxide on the microreological properties of RBC in blood samples after adding the nitric oxide donor sodium nitroprusside. Microreological properties were measured using the RheoScan aggregometer-deformometer. The study found that heparin-stabilized blood showed increased RBC aggregation and deformation with higher sodium nitroprusside concentration (100 and 200 mkM), while EDTA-anticoagulant-stabilized blood showed decreased aggregation and unchanged deformability. With washed RBCs in dextran solution, the addition of sodium nitroprusside (100 and 200 mkM) resulted in decreased aggregation and increased deformability. These findings aid in our understanding of nitric oxide's impact on RBC microrheologic properties.

Keywords: red blood cell deformability, red blood cell aggregation, nitric oxide, laser deformometry, laser aggregometry, gas transmitters.

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ЭРИТРОЦИТОВ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ЧЕРЕПНО-МОЗГОВОЙ ТРАВМЫ И ЕЁ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ КОРРЕКЦИИ ЦИТОПРОТЕКТОРАМИ И МОЛЕКУЛЯРНЫМ ВОДОРОДОМ

Еробкина Д.А., Полозова А.В., Дерюгина А.В.

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

Ранний посттравматический период черепно-мозговой травмы (ЧМТ) характеризуется запуском ишемических каскадных реакций, определяющих развитие микроциркуляторных нарушений. В настоящее время пристальное внимание исследователей направлено на микрореологические нарушения, то есть изменения свойств клеток крови, в первую очередь эритроцитов, с целью предотвращения формирования полиорганной недостаточности в посттравматический период. Поскольку молекулярный водород (H_2) обладает способностью снижать интенсивность окислительного стресса, то можно предположить, что в комбинации с цитопротекторами, действие которых направлено на предотвращение ишемии и гипоксии, эффективность его использования будет выше. Цель исследования – изучить функциональное состояние эритроцитов крыс при действии молекулярного водорода и цитопротекторов при моделировании ЧМТ крыс. Закрытую ЧМТ моделировали путем свободного падения груза массой 100 г с высоты 80 см на теменно-затылочную область мозга крыс. Через 1 час после нанесения травмы, а затем в течение 10 суток ежедневно крысам группы – «мексикор+ H_2 » – вводили мексикор в дозе 8,0 мг/кг в сутки, группе – «цитофлавин+ H_2 » – вводили цитофлавин в дозе 0,2 мл/кг в сутки, группы « H_2 » ничего не вводилось, группы – «контроль» – вводили физиологический раствор в эквивалентном объеме. В течение 10 дней животные опытных групп вдыхали 2% газо-водородную смесь по 40 минут, контрольным животным газовая смесь не подавалась. Уровень физиологической нормы определяли по группе интактных животных. В работе исследовали динамику изменения ЭФПЭ, агрегации эритроцитов, концентрации МДА, активности каталазы в эритроцитах на 1, 3, 7 и 14 сутки посттравматического периода ЧМТ. Полученные данные обрабатывали статистически с помощью программ BIOSTAT и Microsoft Excel. Исследование функциональных показателей эритроцитов при моновоздействии H_2 сопровождалось повышением каталазы к 7 суткам, восстановлением ЭФПЭ, агрегации эритроцитов и концентрации МДА к 12 суткам исследования относительно интактной группы животных. Внутривентрикулярное введение цитофлавина в комбинации с ингаляциями H_2 с 3 суток посттравматического периода приводило к значимому повышению ЭФПЭ и снижению агрегации эритроцитов относительно группы « H_2 ». При действии мексикора с H_2 с 3 суток отмечали значительное уменьшение концентрации МДА и увеличение активности каталазы, с последующим повышением ЭФПЭ и уменьшением агрегации эритроцитов к 12 суткам исследования. Таким образом, молекулярный водород в сочетании с антирадикальными и антиоксидантными свойствами цитопротекторов оказывают стабилизирующее воздействие на мембраны эритроцитов, тем самым восстанавливая их функциональную активность, предотвращая развитие нарушений сосудистой стенки в посттравматический период.

Ключевые слова: черепно-мозговая травма, окислительный стресс, гипоксия, молекулярный водород, цитопротекторы

FUNCTIONAL STATE OF RHYTHROCYTES IN MODELING CRANIO-BRAIN INJURY AND ITS EXPERIMENTAL CORRECTION WITH CYTOPROTECTORS AND MOLECULAR HYDROGEN

D.A. Erobkina, A.V. Polozova, A.V. Derugina

Nizhny Novgorod State University named after N.I. Lobachevsky

Abstract. In rats with TBI, functional parameters in erythrocytes were studied under the action of cytoprotectors and H_2 , which allow expanding the possibilities of using this therapy as a means of correcting the functional parameters of erythrocytes and cerebral microcirculation in TBI.

Keywords: traumatic brain injury, oxidative stress, hypoxia, molecular hydrogen, cytoprotectors.

ПОРТАТИВНЫЕ УСТРОЙСТВА ЛАЗЕРНОЙ ДОПЛЕРОВСКОЙ ФЛОУМЕТРИИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ РАССТРОЙСТВ ПЕРИФЕРИЧЕСКОГО КРОВОТОКА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПАТОЛОГИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЯХ

Жарких Е.В., Дунаев А.В.

ОГУ имени И.С. Тургенева, Россия, 302026, г. Орёл, ул. Комсомольская, 95

Вовлечённость системы микроциркуляции крови (МЦК) во многие функции организма приводит к тому, что микроциркуляторное русло является одним из первых звеньев в патогенезе различных заболеваний, таких как сахарный диабет (СД) или нарушения при постковидном синдроме. Цель настоящей работы – повышение качества диагностики расстройств периферического кровотока посредством разработки метода диагностики на основе распределённой системы портативных устройств лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) без применения функциональных проб.

В настоящей работе были проведены исследования с участием пациентов с диагностированным СД 2 типа, условно здоровых добровольцев разных возрастных групп и пациентов, проходящих реабилитацию после перенесенной коронавирусной инфекции COVID-19. Исследование заключалось в 10-минутной регистрации сигналов ЛДФ одновременно в верхних и нижних конечностях без применения функциональных проб. Распределённая системы портативных анализаторов «ЛАЗМА-ПФ» (ООО НПП «ЛАЗМА») применялась для регистрации сигналов ЛДФ. Устройства располагали на дорсальной поверхности запястий, волярной поверхности пальцев рук и ног и внутренней поверхности верхней трети голеней. Во время измерения пациенты располагались в положении лежа на спине.

Результаты исследования выявили увеличение показателя микроциркуляции (ПМ) и уменьшение регуляторной активности кровотока при старении. У пациентов с СД выявлено снижение уровня ПМ и нутритивного кровотока ($M_{\text{нутр}}$) в области пальцев ног и увеличение этих параметров в области запястий по сравнению с контрольной группой. Также пациенты характеризовались сниженным миогенным тонусом в запястьях и снижением вклада эндотелиальных осцилляций в общую мощность вейвлет-спектра ЛДФ в верхних и нижних конечностях. Вклад пульсовых осцилляций был повышен у пациентов в стопах, что может указывать на увеличение жесткости сосудистой стенки. Полученные результаты в запястьях могут свидетельствовать о попытках организма скомпенсировать возникающие расстройства микроциркуляции за счет активации нутритивного кровотока и увеличения количества функционирующих капилляров. Пациенты с постковидным синдромом характеризовались пониженными значениями ПМ и $M_{\text{нутр}}$, а также повышением общей колебательной активности кровотока как в верхних, так и в нижних конечностях.

Таким образом, разработанный подход к диагностике расстройств периферического кровотока, основанный на применении портативных анализаторов ЛДФ, прошел апробацию в клинических условиях и продемонстрировал возможность выявлять расстройства периферического кровотока при различных патологических состояниях.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (проект № 23-25-00522).

PORTABLE LASER DOPPLER FLOWMETRY DEVICES FOR DIAGNOSIS OF PERIPHERAL BLOOD FLOW DISORDERS IN VARIOUS PATHOLOGICAL CONDITIONS

E.V. Zharkikh, A.V. Dunaev

Orel State University named after I.S. Turgenev, 95 Komsomolskaya str., Orel, 302026, Russia

Abstract. The article is dedicated to developing a methodology for the use of wearable laser Doppler flowmetry devices in the diagnosis of peripheral blood flow disorders in aging, diabetes mellitus and long COVID-19 syndrome.

Keywords: laser Doppler flowmetry, wearable devices, diabetes mellitus, COVID-19.

МОНИТОРИНГ НАРУШЕНИЙ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КРОВИ И ОКИСЛИТЕЛЬНОГО МЕТАБОЛИЗМА БИОТКАНЕЙ У БЕРЕМЕННЫХ С САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОСИМЫХ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ АНАЛИЗАТОРОВ

Жарких Е.В.¹, Локтионова Ю.И.¹, Тиселько А.В.², Дунаев А.В.¹

¹ОГУ имени И.С. Тургенева, Россия, 302026, г. Орёл, ул. Комсомольская, 95

²НИИ акушерства, гинекологии и репродуктологии имени Д. О. Отта, Россия, 199034, г. Санкт-Петербург, Менделеевская линия, д.3

Женщины с прегестационным сахарным диабетом (СД) имеют повышенный риск неблагоприятных исходов беременности, таких как преэклампсия, преждевременные роды, макросомия, мертворождение и др. Это приводит к необходимости разработки новых методов, позволяющих выявлять нарушения микроциркуляции на ранних стадиях для дальнейшей коррекции терапии. Целью работы явилось проанализировать изменения параметров микроциркуляции крови и окислительного метаболизма у беременных пациенток с прегестационным СД 1 типа с использованием носимых устройств лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) и флуоресцентной спектроскопии (ФС).

В исследовании приняли участие 26 пациенток с прегестационным СД 1 типа на 1 триместре беременности и 11 женщин контрольной группы (КГ) без СД и вне гестации. Исследование включало регистрацию сигналов ЛДФ и ФС при помощи носимых анализаторов «ЛАЗМА-ПФ» (ООО НПП «ЛАЗМА») одновременно в области запястий и внутренней стороны верхней трети голени в течение 30 минут. Одновременно осуществлялся непрерывный мониторинг уровня глюкозы в межклеточной жидкости. Одиннадцать пациенток были измерены повторно на 3 триместре беременности для отслеживания изменений микроциркуляции крови и окислительного метаболизма в динамике.

Результаты исследования выявили снижение общей колебательной активности микроциркуляторного кровотока у пациенток к 3 триместру. Уровень флуоресценции НАДН значимо выше у пациенток по сравнению с КГ как в 1, так и в 3 триместре, что может свидетельствовать о развитии тканевой гипоксии вследствие нарушения аэробного пути дыхания клеток. Выявлена значимая корреляция общей колебательной активности кровотока и уровня гликированного гемоглобина в 3 триместре ($r = -0,8, p < 0,01$) и корреляция ($r = 0,76, p < 0,01$) уровня сосудистого тонуса с содержанием маркера окислительного стресса – нитротирозина. Можно заключить, что гипергликемия и окислительный стресс приводят к значимому увеличению уровня флуоресценции НАДН и к увеличению сосудистого тонуса.

Таким образом, показана перспективность применения носимых анализаторов ЛДФ и ФС в диагностике нарушений микроциркуляции и окислительного метаболизма у беременных пациенток с прегестационным СД 1 типа.

Ключевые слова: сахарный диабет, беременность, лазерная доплеровская флоуметрия, флуоресцентная спектроскопия, нарушения микроциркуляции крови

MONITORING OF BLOOD MICROCIRCULATION AND OXIDATIVE METABOLISM DISORDERS IN PREGNANT WOMEN WITH DIABETES USING WEARABLE MULTIMODAL ANALYZERS

E.V. Zharkikh¹, Yu.I. Loktionova¹, A.V. Tiselko², A.V. Dunaev¹

¹ Orel State University named after I.S. Turgenev, 95 Komsomolskaya str., Orel, 302026, Russia

² Research Institute of Obstetrics, Gynecology and Reproductology named after D. O. Ott, Russia, 199034, St. Petersburg, Mendeleevskaya liniya, 3

Abstract. The article is devoted to the study of blood microcirculation and oxidative metabolism disorders in patients with pregestational diabetes during pregnancy using wearable laser Doppler flowmetry and fluorescence spectroscopy devices.

Keywords: diabetes mellitus, pregnancy, laser Doppler flowmetry, fluorescence spectroscopy, blood microcirculatory disorders.

АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ КОЛЕБАНИЙ ТОНУСА МАКРО- И МИКРОСОСУДОВ МЕТОДАМИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДОПплЕРОГРАФИИ И ИНФРАКРАСНОЙ ТЕРМОГРАФИИ

Залетов И.С., Сагайдачный А.А., Майсков Д.И., Фомин А.В., Скрипаль А.В.

ФГБОУВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», Россия, 410012 Саратов, ул. Астраханская 83.

Введение. В большинстве исследований проводят регистрацию гемодинамики либо только в микрососудах, либо только в макрососудах. В данном исследовании проведена одновременная регистрация гемодинамики в макро- и микрососудах с целью установления возможных корреляций в различных частотных диапазонах.

Материал и методы исследования. Для регистрации колебаний тонуса крупных сосудов измерялась максимальная систолическая скорость кровотока в лучевой артерии вблизи запястья методом ультразвуковой доплерографии. Для определения колебаний тонуса микрососудов кисти использовался метод инфракрасной термографии.

Результаты. Показано, что в эндотелиальном диапазоне колебания тонуса лучевой артерии коррелируют с колебаниями тонуса микрососудов кисти с коэффициентом около 0.6. В нейрогенном диапазоне корреляция на уровне 0.4. Наибольшая корреляция отмечается в области дистальных фаланг пальцев.

Заключение. Совместное использование инфракрасной термографии и ультразвуковой доплерографии позволили проанализировать взаимосвязи колебаний тонуса в микро- и макрососудах. Установлено наличие корреляции колебаний тонуса в макро- и микрососудах в эндотелиальном и нейрогенном диапазонах. Высокая корреляция колебаний тонуса микрососудов в области дистальных фаланг и тонуса макро-сосуда в области лучевой артерии, по всей видимости, свидетельствует о том, что область дистальных фаланг информативна для проведения анализа гемодинамики не только в микро, но и в макрососудах.

Ключевые слова: ультразвуковая доплерография, инфракрасная термография, гемодинамика

ANALYSIS OF THE INTERRELATION OF OSCILLATIONS OF THE TONE OF MACRO- AND MICROVESSELS VIA METHODS OF ULTRASONIC DOPPLEROGRAPHY AND INFRARED THERMOGRAPHY

I.S. Zaletov, A.A. Sagaidachnyi, D.I. Mayskov, A.V. Fomin, A.V. Skripal

Saratov National Research State University named after N.G. Chernyshevsky, Russia, 410012 Saratov, Astrakhan str. 83.

Abstract. An analysis of the relationship between tone in macro- and microvessels was carried out. To register fluctuations in the tone of large vessels, the maximum systolic blood flow velocity in the radial artery was measured using Doppler ultrasound. To determine the fluctuations in the tone of the microvessels of the hand, the method of infrared thermography was used. It was shown that in the endothelial range fluctuations in the tone of the radial artery correlate with fluctuations in the tone of microvessels of the hand with a coefficient of about 0.6. In the neurogenic range, the correlation is at the level of 0.4. The greatest correlation is noted in the area of the distal phalanges of the fingers. The high correlation of fluctuations in the tone of microvessels in the area of the distal phalanges and the tone of the macrovessel in the area of the radial artery, apparently, indicates that the area of the distal phalanges is informative for analyzing hemodynamics not only in micro, but also in macrovessels.

Keywords: doppler ultrasound, infrared thermography, hemodynamics.

ТИПОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕМОРЕОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ У БОЛЬНЫХ СОЦИАЛЬНО ЗНАЧИМЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ

Замышляев А.В.¹, Петроченко А.С.¹, Лемехова В.А.¹, Кислов Н.В.¹, Тихомирова И.А.²,
Муравьев А.В.²

¹ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет»;
Россия, 150000 Ярославль, ул. Революционная, 5

²ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет имени
К.Д. Ушинского»; Россия, 150000 Ярославль, ул. Республиканская, 108/1

Изменение реологических свойств крови включается в патогенез большинства социально значимых заболеваний, таких как артериальная гипертония (АГ), сахарный диабет типа 2 (СД-2Т) и злокачественные новообразования (ЗНО). Целью данного исследования было изучение типичных изменений гемореологического профиля (ГП) и транспортного потенциала крови пациентов при социально значимых хронических заболеваниях. У больных АГ, СД-2Т и ЗНО регистрировали характеристики ГП: вязкость крови (ВК1 и ВК2) при высоких и низких скоростях сдвига, вязкость плазмы (ВП), Нст, деформируемость (ДЭ) и агрегацию (АЭ) эритроцитов и транспортный потенциал крови (Нст/ВК1) и определяли различия этих характеристик с теми, что были зарегистрированы в группе здоровых лиц. Характерным для всех трех рассмотренных заболеваний было увеличение ВК1 и ВК2 от 25 до 34% по сравнению с данными здоровых лиц. Это было связано с приростом ВП (на 10-24%), АЭ, на 50% и снижением ДЭ – на 8-12%. В этих условиях транспортный потенциал крови был снижен в среднем на 25%. Таким образом, типичными изменениями ГП больных рассмотренными заболеваниями было существенное снижение текучести крови за счет высокой вязкости плазмы. При этом корреляция между ВК1 и ВП у больных была более выраженной, чем у здоровых лиц (0,54 – здоровые лица; 0,71 – больные), при умеренной корреляции ВК1 и Нст. Кроме того, сниженная ДЭ у больных заметно отрицательно коррелировала с ВК1 ($r = -0,54$).

Ключевые слова: гемореологический профиль, диабет, гипертоническая болезнь, злокачественные новообразования

TYPICAL CHANGES IN THE HEMORHEOLOGICAL PROFILE IN PATIENTS WITH SOCIALLY SIGNIFICANT DISEASES

A.V. Zamyshlyayev, A.S. Petrochenko, V.A. V.A. Lemekhova, N.V. Kislov,
I.A. Tikhomirova, A.V. Muravyov

¹"Yaroslavl State Medical University"? Russia, 150000 Yaroslavl, Revolucionnaya str., 5

²"Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky"; Russia, 150000 Yaroslavl, Republican str., 108/1

The aim of this study was to investigate typical changes in the hemorheological profile (HP) and blood transport potential of patients with chronic diseases: arterial hypertension (AH), diabetes mellitus (DM-2T) and malignant neoplasms (MN). In all patients, the characteristics of HP were recorded: blood viscosity (BV1 and BV2), plasma viscosity (PV), Hct, deformability erythrocytes (DE), their aggregation (AE) and blood transport potential (Hct/BV1) and determined the differences with the data of healthy individuals. Characteristic for all three considered diseases was an increase in BV1 and BV2 from 25 to 34% compared with the data of healthy individuals. This was associated with an increase in PV (by 10-24%), AE by 50% and a decrease in DE – by 8-12%. Under these conditions, the transport potential of blood was reduced by an average of 25%. Thus, typical changes in the HP of patients with the considered diseases were a significant decrease in blood fluidity due to the high viscosity of the plasma. At the same time, the correlation between BV1 and PV in patients was more pronounced than in healthy individuals (0.54 - healthy individuals; 0.71 - patients), with a moderate correlation of BV1 and Hct. In addition, reduced DE in patients significantly negatively correlated with BV1 ($r = -0.54$).

Keywords: hemorheological profile, diabetes, hypertension, malignant neoplasms.

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ГЕМОРЕОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ У БОЛЬНЫХ САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ 2 ТИПА

Замышляев А.В., Масина И.В., Емануйлова Н.В., Четвертакова Ж.Е.

ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет»; Россия, 150000 Ярославль, ул. Революционная, 5

Нарушения реологических свойств крови и возможные пути их коррекции представляет большой интерес у больных сахарным диабетом типа 2 (СД-2Т). Целью данного исследования была оценка разницы параметров гемореологического профиля (ГП) у больных СД-2Т и практически здоровых лиц. Для этого формировали группу контроля (n=20) и группу больных СД-2Т (n=30). Регистрировали характеристики ГП: вязкость крови (ВК1 и ВК2) при высоких и низких скоростях сдвига, вязкость плазмы (ВП), вязкость суспензии (ВС), Hct, деформируемость (ДЭ) и агрегацию (АЭ) эритроцитов и транспортный потенциал крови (Hct/ВК1) и сравнивали, как отличаются показатели гемореологического профиля у больных по отношению к группе здоровых лиц. Характерным для больных СД-2Т было увеличение ВК1 и ВК2 от 29 до 37% по сравнению с данными здоровых лиц. Это было связано с приростом ВП (на 12-26%), АЭ, на 46% и снижением ДЭ – на 10-14%. В этих условиях транспортный потенциал крови был снижен в среднем на 32%. Таким образом, характерными изменениями ГП у больных СД-2Т было существенное снижение текучести крови за счет высокой вязкости плазмы и агрегации эритроцитов. Увеличение ВК и ВП коррелировала с увеличением уровня гликированного гемоглобина у больных. Уменьшение транспортного потенциала крови была связана с уменьшением деформируемости эритроцитов.

Ключевые слова: гемореологический профиль, сахарный диабет, микрореология эритроцитов

ASSESSMENT OF HEMORHEOLOGICAL PROFILE PARAMETERS IN PATIENTS WITH TYPE 2 DIABETES MELLITUS

A.V. Zamyshlyayev, I.V. Masina, N.V. Emanylova, Z.E. Chetvertakova

"Yaroslavl State Medical University"? Russia, 150000 Yaroslavl, Revolutsionnaya str., 5

Violations of rheological properties of blood and possible ways of their correction are of great interest in patients with type 2 diabetes mellitus (DM-2T). The aim of this study was to assess the difference in the parameters of the hemorheological profile (HP) in patients with DM-2T and practically healthy individuals. For this purpose, a control group (n=20) and a group of patients with DM-2T (n=30) were formed. The characteristics of HP were recorded: blood viscosity (BV1 and BV2) at high and low shear rates, plasma viscosity (PV), suspension viscosity (SV), Hct, deformability (DE) and aggregation (AE) of erythrocytes and blood transport potential (Hct/VK1 ratio) and compared how the indicators of the hemorheological profile in patients in relation to a group of healthy individuals. Typical for patients with DM-2T was an increase in BV1 and BV2 from 29 to 37% compared with the data of healthy individuals. This was due to an increase in PV (by 12-26%), AE, by 46% and a decrease in DE – by 10-14%. Under these conditions, the transport potential of blood was reduced by an average of 32%. Thus, the characteristic changes in HP in patients with DM-2T were a significant decrease in blood fluidity due to high plasma viscosity and erythrocyte aggregation. The increase in SV and PV correlated with an increase in the level of glycated hemoglobin in patients. A decrease in the transport potential of blood was associated with a decrease in the deformability of red blood cells.

Keywords: hemorheological profile, diabetes mellitus, erythrocyte microrheology.

КРИВАЯ ДИССОЦИАЦИЯ ОКСИГЕМОГЛОБИНА И АСПРОСИН ПРИ ИНСУЛИНОРЕЗИСТЕНТНОСТИ

Зинчук В.В.¹, Аль-Джебур Д.Ш.О.², Подопригора М.В.¹

¹Гродненский государственный медицинский университет, Беларусь, 230009 Гродно, ул. Горького, 80, e-mail: zinchuk@grsmu.by

²Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, Беларусь, 230023 Гродно, ул. Ожешко, 22

При ожирении характерна, как не парадоксально, гипероксия жировой ткани, даже при наличии снижения кровотока в ней, что может быть объяснено уменьшением потребления в жировой ткани кислорода и инсулинорезистентности, нарушением кровоснабжения, повышенным воспалением, в результате чего развивается хроническое воспаление [Шишкин А.Н., Князева А.И., 2022]. Эндогенный сероводород может стабилизировать поглощение глюкозы адипоцитами, но при его синтезе в физиологических условиях, он может ингибировать поглощение и утилизацию глюкозы; в то время как высокий уровень глюкозы, подавляют эндогенную систему синтеза сероводорода и вызывают резистентность к инсулину [Qi W. et al., 2022]. Гипоксия снижает содержание сероводорода в крови и повышает содержание 2,3-дифосфоглицерата в эритроцитах у мышей, что устраняется обработкой ингибитором образования сероводорода GYY4137 [Wang G. et al., 2021].

Цель данного исследования – оценить положение кривой диссоциации оксигемоглобина и содержание аспросина при инсулинорезистентности. Определялись положение кривой диссоциации оксигемоглобина, концентрация аспросина, газотрансмиттеров монооксида азота и сероводорода, показатели липидного и углеводного обмена у мужчин с различным индексом массы. Наблюдалась более высокая концентрация аспросина у лиц с повышенным значением индекса массы тела и ожирением I степени. При повышенной концентрации аспросина отмечается снижение основных показателей оксигенации крови и рост сродства гемоглобина к кислороду. Выявлено увеличение монооксида азота и снижение сероводорода при высокой концентрации аспросина.

Предполагается участие системы газотрансмиттеров, прежде всего, NO и H₂S, в изменении кислородсвязывающих свойств крови. Как известно, данные газотрансмиттеры вносят вклад в модификацию сродства гемоглобина к кислороду, что достигается через различные механизмы: модификацию гемопротейна, модулирование внутриэритроцитарной системы, а также опосредовано через системные механизмы формирования функциональных свойств гемоглобина [Зинчук В.В., 2021]. Физиологические уровни газотрансмиттера NO играют ключевую роль в поддержании метаболической функции жировой ткани [Куркин Д.В. и др., 2022]. Как известно, адипокины (пептидные гормоны, синтезируемые жировой тканью), передающие сигнал к мишеням (сосуды, мозг, печень, мышцы), сопряжены с L-аргинин-NO-зависимым сигнальным каскадом, влияющим на патогенез метаболических нарушений [Кузнецова Л.А., 2021].

Таким образом, установленные в нашем исследовании изменения активности системы газотрансмиттеров (монооксид азота и сероводород) при инсулинорезистентности с различной концентрацией аспросина, важны для формирования механизмов транспорта кислорода кровью. Вклад аспросина в регуляцию кислородсвязывающих свойств крови имеет значение для формирования кислородного обеспечения и адаптационных резервов у лиц с метаболическими нарушениями.

Ключевые слова: кровь, аспросин, кислород, газотрансмиттер

Работа выполнена в рамках проекта № 20210366

DISSOCIATION CURVE OF OXYHEMOGLOBIN AND ASPROSIN WITH INSULIN RESISTANCE

V.V. Zinchuk¹, J.S.O. Al-Jebur², M.V. Podoprigora¹

¹Grodno State Medical University, Belarus, Grodno

²State University of Grodno Yanka Kupala, Belarus, Grodno

Abstract. The position of the oxyhemoglobin dissociation curve and the content of asprosin in insulin resistance were studied. A higher concentration of asprosin was observed in individuals with an increased body mass index and grade I obesity. With an increased concentration of asprosin, there is a decrease in the main indicators of blood oxygenation and a shift in the dissociation curve of oxyhemoglobin to the right, which is due to an increase in the level of nitrogen monoxide and a decrease in hydrogen sulfide at a high concentration of asprosin.

Key words: blood, asprosin, oxygen, gas transmitter

ОСБЕННОСТИ ВКЛАДА H₂S-ГЕНЕРИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ В АДАПТИВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КИСЛОРОДСВЯЗЫВАЮЩИХ СВОЙСТВ КРОВИ

Зинчук В.В., Билецкая Е.С., Володина А.А.

Гродненский государственный медицинский университет, Беларусь, 230009 Гродно, ул. Горького, 80, e-mail: zinchuk@grsmu.by

Сероводород относится к группе сигнальных агентов, называемых газотрансмиттерами и играет важную роль во многих физиологических процессах, в частности, в реализации кислородзависимых механизмов. Его образование осуществляется через ферментативные и неферментативные процессы, образующие H₂S-генерирующую систему.

Цель данного исследования – оценить особенности вклада H₂S-генерирующей системы в адаптивные изменения кислородсвязывающих свойств крови при действии озона в опытах *in vitro*. Осуществляли воздействие озоном (концентрация 6 мг/л) в присутствии препаратов, влияющие на синтез сероводорода (пропаргилглицин, гидросульфид натрия и его комбинация с нитроглицерином). Оценивались показатели кислородтранспортной функции крови. В плазме крови определяли концентрации сероводорода и монооксида азота спектрофотометрическим методом. Использовались методы непараметрической статистики с применением программы “Statistica 10.0”.

Инкубация крови с озоном увеличивает основные показатели кислородтранспортной функции крови и сопровождается сдвигом кривой диссоциации оксигемоглобина вправо. Введение ингибитора синтеза сероводорода в этих условиях приводит к уменьшению: рО₂ на 25,8% (p<0,05), SO₂ на 20,6% (p<0,05) по сравнению группой, в которую вводили только озон. Показатель сродства гемоглобина к кислороду р50_{реал} при этом уменьшается на 13,6% (p<0,05), кривая диссоциации оксигемоглобина в этой серии смещается влево. При добавлении гидросульфида натрия в кровь, в условиях введения озона, не наблюдается усиления его эффекта на параметры кислородтранспортной функции крови. В тоже время введение комбинации нитроглицерина и гидросульфида натрия приводит к увеличению рО₂ на 15,2% (p<0,05), SO₂ на 15,9% (p<0,05). Показатель сродства гемоглобина к кислороду р50_{реал} растёт на 27,6% (p<0,05), и соответственно кривая диссоциации оксигемоглобина сдвигается вправо по сравнению группой, в которую вводили только озон. Также наблюдается увеличение р50_{станд} на 25,1% (p<0,05). Значимых изменений параметров кислотно-основного состояния не отмечается. Форменные элементы крови и прежде всего эритроциты, а также компоненты плазмы принимают активное участие в метаболизме сероводорода, контролируя его концентрацию. Эта сигнальная молекула метаболизируется в красных кровяных клетках при участии гемоглобина с образованием тиосульфатов и гидрополисульфидов, участвующих в биосигнализации. Таким образом, полученные данные свидетельствуют о сложной природе вклада H₂S-генерирующей системы в адаптивные изменения кислородсвязывающих свойств крови при действии озона.

Ключевые слова: кровь, озон, газотрансмиттер, сероводород

Работа выполнена в рамках проекта № 30-24/549-21.

FEATURES OF THE CONTRIBUTION OF THE H₂S-GENERATING SYSTEM TO ADAPTIVE CHANGES IN BLOOD OXYGEN-BINDING PROPERTIES

V.V. Zinchuk, E.S. Biletskaya, A.A. Volodina

Grodno State Medical University, Grodno, Belarus

Abstract. The features of the contribution of the H₂S-generating system to adaptive changes in the oxygen-binding properties of blood were evaluated in experiments *in vitro*. Ozone exposure (concentration 6 mg/l) was carried out in the presence of drugs that affect the synthesis of hydrogen sulfide (propargylglycine, sodium hydrosulfide and its combination with nitroglycerin). The data obtained indicate the complex nature of the contribution of the H₂S-generating system to adaptive changes in the oxygen-binding properties of blood under the action of ozone.

Key words: blood, ozone, gas transmitter, hydrogen sulfide.

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТАНИНОВОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ МОДУЛЯЦИИ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ И АНГИОГЕНЕЗА ПРИ РЕГЕНЕРАЦИИ ТКАНЕЙ

А.Н. Иванов, Е.В. Ленгерт, А.В. Ермаков, Т.В. Степанова, А.А. Савкина, М.А. Сахань, Д.Д. Лойко, Т.С. Кириязи
Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского; Россия, 41012, Саратов, ул. Б. Казачья, 112

Целью настоящей работы являлось изучение применения адресной доставки таниновой кислоты (ТК) для модуляции микроциркуляции и ангиогенеза при регенерации тканей. Были использованы несколько моделей альтерации тканей и способов доставки ТК на белых крысах: наложение раневого покрытия с ТК на дефект кожи, аппликации геля с ТК на десны при пародонтите, имплантация скаффодов с ватеритом и ТК под кожу и в костную ткань. Оценку перфузии кожи и десен проводили методом лазерной доплеровской флоуметрии. С помощью ИФА определяли в сыворотке крови маркеры активации эндотелия и ангиогенеза. Верификацию сосудистых реакций осуществляли при гистологическом исследовании тканей. Обнаружено, что адресная доставка ТК снижает выраженность воспалительных изменений перфузии на моделях кожной раны и экспериментального пародонтита. С помощью биохимических методов выявлено снижение воспалительной активации эндотелиоцитов и продукции проангиогенных факторов под влиянием ТК при пародонтите и в условиях имплантационных тестов. ТК, адресно доставляемая в регенерирующие ткани, выражено снижает активацию фибробластов, но не препятствует пролиферации остеобластов. Таким образом, ТК модулирует реакции микроциркуляторного русла и ангиогенеза, обладает противовоспалительным, антифибротическим и антиангиогенными эффектами, которые могут быть использованы в регенеративной медицине.

Ключевые слова: микроциркуляция, ангиогенез, таниновая кислота, регенерация.

POSSIBILITIES OF USING TANNIC ACID FOR MODULATION OF MICROCIRCULATION AND ANGIOGENESIS DURING TISSUE REGENERATION

A.N. Ivanov, E.V. Lengert, A.V. Ermakov, T.V. Stepanova, A.A. Savkina, M.A. Sakhan, D.D. Loiko, T.S. Kiriyazi
Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky; 112 B. Kazachya str., Saratov, 41012, Russia

The aim of this study was to investigate the possibilities of using tannic acid (TA) delivery to modulate microcirculation and angiogenesis during tissue regeneration. Several models of tissue alteration and methods of TA delivery were used: application of a wound dressing with TA on a skin defect, applications of the gel with TA on gums during periodontitis, implantation of scaffolds with vaterite and TA under the skin, and into bone tissue. The assessment of the microcirculation of the skin and gum was performed by laser Doppler flowmetry. Markers of endothelial activation and angiogenesis were determined in blood serum with ELISA. Verification of vascular reactions was carried out by histological examination of tissues. It was found that delivery of TA reduces the severity of inflammatory changes of perfusion in models of skin wounds and experimental periodontitis. The decrease in the inflammatory activation of endotheliocytes and the production of proangiogenic factors under the influence of TA in rats with periodontitis and during implantation tests was revealed. TA, delivered to regenerating tissues, significantly reduces the activation of fibroblasts, but does not prevent the proliferation of osteoblasts. Thus, TA modulates the reactions of the microvasculature and angiogenesis, has anti-inflammatory, antifibrotic and antiangiogenic effects that can be used in regenerative medicine.

Key words: microcirculation, angiogenesis, tannic acid, regeneration.

**РЕАКТИВНОСТЬ БРЫЖЕЕЧНЫХ АРТЕРИЙ И СОСУДОВ
МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО РУСЛА КРЫС ПРИ ИЗБЫТОЧНОМ СОДЕРЖАНИИ
ЖИРОВ В ДИЕТЕ**

Г.Т. Иванова

Институт физиологии им. И. П. Павлова РАН, 199034, Россия, Санкт-Петербург,
наб. Макарова, д.6

Потребление избыточного количества жиров может приводить к развитию метаболического синдрома (МС). Однако вопрос о механизмах патофизиологических процессов МС изучен недостаточно. Целью работы было изучить влияние высокожировой диеты (ВЖД) на реактивность брыжеечных артерий (*in vivo*) и микрососудов кожи крыс Wistar. ВЖД-группа (n=25) получала в течение 10 недель ВЖД (50% животного жира), контрольная (n=25) – стандартный пищевой рацион. Оценивали влияние ВЖД на эндотелийзависимые (ацетилхолин, АХ) и не связанные с эндотелием (нитропруссид натрия, НП) реакции брыжеечных артерий, а также АХ-индуцированную вазодилатацию при применении блокаторов NO-синтазы (L-NAME), циклооксигеназы (индометацин), и K⁺-каналов (тетраэтиламмоний), используя микрофото- и видеорегистрацию диаметра брыжеечных артерий *in vivo*. С помощью метода Лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) оценивали показатели микроциркуляции (МЦР) в коже спины крыс до и после ионофореза АХ и НП. ВЖД у крыс приводила к развитию МС и нарушению функционального состояния брыжеечных артерий. У ВЖД-крыс, по сравнению с контрольной группой, наблюдалось усиление констрикторной реакции на фенилэфрин на 29%, а также снижение реактивности предсокращенных фенилэфрином сосудов на АХ на 36%. Предварительная инкубация сосудов с блокаторами снижала амплитуду релаксации при действии АХ, по сравнению с исходной АХ-индуцированной вазорелаксацией, у ВЖД-крыс: с L-NAME – на 47%, L-NAME и индометацином – на 50%, L-NAME, индометацином и тетраэтиламмонием – на 65%; у контрольной группы – на 69, 72 и 83% соответственно. ВЖД не оказывала влияния на амплитуду вазодилатации при действии НП. ВЖД не изменяла средний показатель МЦР кожи в покое, но реакция кожного кровотока на ионофорез АХ была снижена. Увеличение показателя МЦР после ионофореза НП было сходным у крыс обеих групп. Эндотелиальная дисфункция у крыс, получавших ВЖД, была опосредована нарушением NO-зависимых механизмов вазодилатации, однако частично компенсировалась активацией механизмов эндотелиальной гиперполяризации.

Ключевые слова: метаболический синдром, высокожировая диета, брыжеечная артерия, эндотелий, ацетилхолин-индуцированная дилатация, вазоконстрикция

**MESENTERIC ARTERY REACTIVITY IN THE DEVELOPMENT OF METABOLIC
SYNDROME IN RATS FED ON A HIGH-FAT DIET**

G.T. Ivanova

Pavlov Institute of Physiology of the Russian Academy of Sciences, 199034, Russia, St. Petersburg,
nab. Makarova, 6

Abstract. We studied the effect of a high-fat diet (HFD) on the reactivity of mesenteric arteries and skin microvessels in Wistar rats. The HFD group received 50% dietary fat, while the control group received a standard diet. The effect of HFD on ACh-induced dilatation of the mesenteric arteries *in vivo* was assessed. Microphotography of the mesenteric artery diameter showed that HFD leads to a decrease in vascular reactivity to ACh, but does not affect the dilatation caused by sodium nitroprusside. Laser Doppler flowmetry showed that HFD did not change the average skin microcirculation at rest, but the response of skin blood flow to ACh iontophoresis was reduced. HFD did not affect the response of skin microvessels to sodium nitroprusside.

Keywords: metabolic syndrome, high-fat diet, mesenteric artery, endothelium, acetylcholine-induced dilatation, vasoconstriction.

ПРОТЕКТИВНОЕ ДЕЙСТВИЕ ЭМПАГЛИФЛОЗИНА НА РЕАКТИВНОСТЬ СОСУДОВ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО РУСЛА КОЖИ КРЫС, ПОЛУЧИВШИХ ДОКСОРУБИЦИНГ.Т. Иванова¹, О.Н. Береснева², А.Н. Куликов²¹Институт физиологии им. И.П.Павлова РАН, 199034, Россия, Санкт-Петербург, наб. Макарова, д.6²Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, 197022, Россия, Санкт-Петербург, ул. Л. Толстого, д. 17

Доксорубицин (DOX) применяется как эффективный противоопухолевый препарат, но он оказывает токсическое влияние на миокард и сосуды. Эмпаглифлозин (EMPA), ингибитор глюкозо-натриевого котранспортера 2 (SGTL2), обладает не только гипогликемическим, но и кардиопротекторным действием при заболеваниях сердечно-сосудистой системы. Целью нашего исследования было оценить влияние EMPA на функциональное состояние микроциркуляторного (МЦР) русла кожи спины крыс Wistar, получивших DOX. Крысы DOX-группы (n=10) получили однократно внутривенно 4мг/кг DOX. EMPA-группа (n=10) после однократного введения DOX (4мг/кг) получала ежедневно 1мг/кг EMPA внутривенно. Контрольная группа (n=10) получила однократно внутривенно физиологический раствор (0.5 мл). Через 1 мес. оценивали микроциркуляцию (МЦР) в коже спины наркотизированных тилетамин/золазепамом крыс методом лазерной доплеровской флоуметрии, для чего регистрировали исходные параметры МЦР, проводили Вейвлет-анализ колебаний показателя МЦР, а также изучали изменение показателя перфузии после ионофореза ацетилхолина (АХ) и нитропруссидом натрия (НП). Исследование показало, что ни введение DOX, ни лечение EMPA крыс, получивших DOX, не оказывали влияния на средний показатель МЦР кожи в покое, а также на величину рассчитанного эндотелиального, нейрогенного и миогенного тонуса на данном сроке наблюдения. В то же время реактивность микрососудов кожи на действие вазодилаторных агонистов у крыс данных групп оказалась различной. Если у DOX-крыс прирост показателя МЦР после ионофореза АХ по сравнению с исходным оказался меньше (55.2 %), чем у контрольных (78.5 %), то при применении EMPA он значительно не отличался от контрольного уровня (82.8 %). Ионофорез НП увеличивал показатель МЦР кожи DOX-крыс на 51.9 %, а лечение EMPA восстанавливало реакцию кожного кровотока на НП (89 %) до уровня контрольных крыс (81.5 %). Таким образом, DOX приводит к ухудшению вазодилаторной способности сосудов микроциркуляторного русла кожи, а лечение EMPA предупреждает токсический эффект DOX на сосуды, препятствуя развитию их дисфункции.

Ключевые слова: микроциркуляция, эмпаглифлозин, доксорубицин, лазерная доплеровская флоуметрия

PROTECTIVE EFFECT OF EMPAGLIFLOZIN ON THE REACTIVITY OF SKIN MICROCIRCULATORY VESSELS IN RATS RECEIVING DOXORUBICING.T. Ivanova¹, O.N. Beresneva², A.N. Kulikov²¹ Pavlov Institute of Physiology of the Russian Academy of Sciences, 199034, Russia, St. Petersburg, nab. Makarova, 6² The First St. Petersburg State Medical University

named after Academician I.P. Pavlov, 197022, Russia, St. Petersburg, L. Tolstogo str., 17

Abstract. The effect of treatment with empagliflozin (EMPA) on the state of the microcirculatory (MCR) skin of rats treated with doxorubicin (DOX, 4 mg/kg) was evaluated. Using laser Doppler flowmetry, it was shown that DOX and EMPA had no effect on the average skin MCR at rest, as well as on the spectral characteristics of MCR fluctuations. DOX reduced the response of skin microvessels to acetylcholine and sodium nitroprusside, and EMPA treatment prevented the toxic effect of DOX by restoring acetylcholine-induced microvascular dilatation to control levels.

Keywords: microcirculation, empagliflozin, doxorubicin, laser Doppler flowmetry.

СОСТОЯНИЕ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ И РЕГИОНАРНОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ ПЕЧЕНИ ПОСЛЕ ЧАСТИЧНОЙ ГЕПАТЭКТОМИИ НА ФОНЕ ЕЕ ИШЕМИЧЕСКОГО ПРЕКОНДИЦИОНИРОВАНИЯА.С. Карасев¹, А.А. Сорокина¹, С.Д. Леонов², О.В. Халепо¹, Р.Р. Аббасов¹.¹Смоленский государственный медицинский университет, Россия, 214019 Смоленск, ул. Крупской, 28;²ФГБУ ГНЦ лазерной медицины имени О.К. Скобелкина ФМБА, Россия 121165 Москва, ул. Студенческая, д.40

Известно, что в момент восстановления кровотока в печени после выполнения обширной резекции, возможны ее серьезные реперфузионные повреждения. В современной литературе имеются сведения о возможности использования ишемического preconditionирования с помощью выполнения приема Прингла с целью оптимизации кровотока и минимизации таких повреждений. Однако, влияние preconditionирования на гемодинамику в артериях и системе регионарного кровообращения печени после ее обширной резекции остается до конца не изученным, что и послужило целью исследования. Работа выполнена на беспородных лабораторных крысах массой 225±45 г. Исходную регистрацию показателей гемодинамики в паренхиме печени и в общей печеночной артерии проводили методом высокочастотной ультразвуковой доплерографии, после чего всем животным после срединной лапаротомии устанавливали сосудистую клипсу на аналог печеночно-двенадцатиперстной связки с ее пережатием на 15 минут. После выполнения приема Прингла проводили резекцию 70% массы печени с последующим удалением клипсы и повторной регистрацией показателей кровотока. Статистическую обработку результатов провели с использованием непараметрического критерия Вилкоксона. Обнаружено, что после удаления срединной и левой боковой долей печени показатели, характеризующие линейную и объемную скорость кровотока в общей печеночной артерии, увеличились по сравнению с исходными значениями на 60%. Гемодинамика в системе регионарного кровотока сохраненной доли после частичной гепатэктомии оставалась стабильной, но выявлено увеличение коэффициента, характеризующего плотность микрососудов в ткани печени на 46%. Таким образом, выявленное после частичной гепатэктомии увеличение линейной и объемной скорости кровотока в общей печеночной артерии, может быть связано как с перераспределением артериального притока крови в печень, так и формирующейся гипоксией, ацидозом вследствие выполненного приема Прингла. Стабильность регионарного кровотока в паренхиме печени после ее обширной резекции может обуславливаться включением компенсаторных механизмов и систем ауторегуляции микроциркуляции. Использование preconditionирования, благодаря изменению тканевого метаболизма, может оказывать дополнительное стабилизирующее влияние на регионарное кровообращение, хотя механизмы такого влияния нуждаются в дополнительном исследовании.

Ключевые слова: обширная резекция печени, регионарное кровообращение, печеночная артерия, высокочастотная ультразвуковая доплерография, ишемическое preconditionирование.

THE STATE OF MICROCIRCULATION AND REGIONAL BLOOD CIRCULATION OF THE LIVER AFTER PARTIAL HEPATECTOMY AGAINST THE BACKGROUND OF ITS ISCHEMIC PRECONDITIONINGA.S. Karasev¹, A.A. Sorokina¹, S.D. Leonov², O.V. Khalepo¹, R.R. Abbasov¹.¹ Smolensk State Medical University, Russia, 214019 Smolensk, Krupskaya str., 28;² O.K. Skobelkin SSC of Laser Medicine FMBA, Russia 121165 Moscow, Studentskaya str., 40

Abstract. Ischemic preconditioning was used to minimize reperfusion damage to the liver after extensive resection. The blood flow of the hepatic artery and the microcirculation of the liver were studied by high-frequency ultrasound Dopplerography in rats. An increase in the blood flow rate in the hepatic artery and the stability of regional hemodynamics are associated with the inclusion of autoregulation systems due to the influence of preconditioning on tissue metabolism.

Keywords: extensive liver resection, regional blood circulation, hepatic artery, high-frequency ultrasound dopplerography, ischemic preconditioning.

**ПОТРЕБЛЕНИЕ КИСЛОРОДА И ЛАКТАТА ЗАВИСИТ ОТ ИНТЕНСИВНОСТИ
ВАЗОМОЦИЙ.**

Кислухин В.В., Кислухина Е.В.

ГБУЗ НИИ СП им. Н.В. Склифосовского, ДЗМ

Введение. Влияние вазомоций на доставку веществ к тканям и удалением продуктов обмена, выражено А. Крогом «каждый капилляр должен попеременно открываться и закрываться, и положение открытых капилляров должно непрерывно изменяться, вследствие чего однообразно орошается вся ткань». Доставка веществ предполагает их участие в реакциях обмена. Для энергетических нужд необходим не только кислород, но и лактат (обычно эндогенный, но и экзогенный, тоже). Недостаток лактата может приводить к относительно высокой оксигенации венозной крови, избыток лактата – к лактат-ацидозу.

Цель сообщения. Показать, как скорость изменения положения открытых капилляров влияет на HvO_{2v} и концентрацию лактата в оттекающей крови.

Метод. Анализ взаимодействия лактат-кислород построен на следующих предположениях (1) Кровоток по микрососудам является случайным. (2) Производство лактата идет с постоянной скоростью, а поглощение пропорционально произведению концентраций O_2 и лактата. Случайность кровотока означает есть две вероятности: открытому микрососуду закрыться – β , и закрытому открыться – μ . Эти вероятности определяют (а) скорость вазомоций, $R=\beta+\mu$ и (б) фракцию перфузируемых микрососудов, $p_o=\mu/(\beta+\mu)$. Чем меньше R , тем выраженной разбиение клеток ткани на две группы, (а) примыкающие к перфузирующим капиллярам и (б) клетки получающие O_2 и другие вещества диффузией через другие клетки. В реакции аэробного гликолиза для выработки 18 молекул АТФ используются 1 молекула лактата и 6 молекул O_2 .

Результаты. Есть влияние скорости вазомоций, R , на количество O_2 и лактата в оттекающей крови в зависимости от выработки лактата и от меняющегося поглощении лактата.

Выводы. (1) Снижение скорости вазомоций увеличивает концентрацию лактата и насыщение кислородом венозной крови (2) Эффект снижения скорости вазомоций возрастает при росте выработки лактата, а также при росте интенсивности поглощения лактата. Предложена математическая модель взаимодействия лактата и кислорода при их прохождении по ткани. Проанализированы соотношения между оксигенацией венозной крови и концентрацией в ней лактата.

Ключевые слова: лактат, кислород, скорость вазомоций, капилляр, случайность

**OXYGEN AND LACTATE CONSUMPTION DEPEND ON THE INTENSITY
OF VASOMOTION**

Kislukhin V.V., Kislukhina E.V.

Research Institute of Emergency Medicine named after N. V. Sklifosovsky

Abstract: The lactate-oxygen interaction is analyzed based on assumptions about the randomness of blood flow in microvessels. The rate of vasomotion affects the amount of oxygen and lactate in venous blood. A mathematical model of the interaction of lactate and oxygen during their passage through the tissue is proposed.

Keywords: lactate, oxygen, microvessels, rate of vasomotion, randomness.

ЛЕГКИЕ: СООТВЕТСТВИЕ ВЕНТИЛЯЦИИ И ПЕРФУЗИИ

Кислухина Е.В Кислухин В.В
ГБУЗ НИИ СП им. Н.В. Склифосовского, ДЗМ

Введение. В легких, в покое, перфузируется 10-20% капилляров. Следовательно, должен быть механизм(ы), обеспечивающий соответствие между вентиляцией и перфузией. Предлагается решение, связанное с формой альвеол и организации их в ацинусы. Поиски формы, начавшиеся в 17 веке, привели к заключению, что это многогранники, в основном неправильные. Для многогранников установлено, что объем многогранника меняется, только если одновременно меняется размер граней. Чтобы грань меняла свой размер, без приложения больших давлений, необходимы два процесса: (а) кровотока в грани капилляра, и (б) перемещение жидкости из капилляра в ткань в такт дыханию. **Цель сообщения:** (1) Предложить многогранники, допускающие пространственные укладки; (2) Рассмотреть метод нахождения количества воды, перемещающейся в дыхательном цикле, между кровью и интерстицием.

Модель. Есть два многогранника, ромбический додекаэдр, все грани ромбы, и додекаэдр, все грани пятиугольники, позволяющие формирование ацинуса. Отметим, что есть и другие многогранники, допускающие укладку, но имеющие гранями различающие многоугольники. При увеличении альвеол (вдохе) будет увеличение объема паренхимы. Но ткань несжимаема, т.е. не меняет объем (форму менять может). Дать соответствующий объем могут капилляры, при вдохе забрав воду из артериального и венозного бассейнов легких, и выведя эту воду в интерстиций (а также в эндотелий и эпителий), а при выдохе, забрав излишки воды из внесосудистого пространства, вывести их в венозный бассейн. Если в результате ряда причин поступление крови в капилляры альвеолы снижено, будет снижена и способность альвеолы расширяться. А значит «если не перфузируется, то и не вентилируется». Так же, если есть нарушение проницаемости стенки капилляра, и вода не переходит из капилляра в ткань, то это затрудняет растяжение перегородки и, как следствие, грань многогранника не изменится, хотя кровотока может и иметь место. **Метод.** Кровь, оттекающая от легких, меняет свою плотность в такт с дыханием. Эти изменения можно зарегистрировать оптическими, электро-импедансными и ультразвуковыми датчикам. Количественно оценить перемещение воды ткань-капилляр можно, сравнивая изменения плотности крови, вызванные инъекцией физраствора с изменениями плотности, вызванными дыханием.

Результаты. (а) Количество воды перемещающееся (в здоровых легких) зависит от частоты дыхания: чем частота дыхания выше, тем меньше воды переходит; (б) Перемещение воды ткань-кровь - величина порядка 0.05 – 0.15 мл/кг.

Заключение: (а) Рассмотрена схема упаковки легочных альвеол, позволяющая объяснить согласование вентиляции и перфузии. (б) Использование регистрации плотности крови методом разведения физических свойств крови позволяет определить количество воды, перемещаемой ткань-кровь за дыхательный цикл.

Ключевые слова: альвеолы, многогранники, вентиляция, перфузия, метод разведения.

LUNGS: VENTILATION-PERFUSION MATCHING

Kislukhin V.V., Kislukhina E.V.
Research Institute of Emergency Medicine named after N. V. Sklifosovsky

Abstract: In lung there is ventilation-perfusion matching. This can be explained by the representation of alveoli in the form of polyhedra. There are two polyhedral with the same faces, which allow assemble the alveoli into an acinus.

Keywords: alveoli, polyhedron, ventilation/perfusion ratio, dilution technique.

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ТРАНСПОРТА КИСЛОРОДА У ПРАКТИЧЕСКИ ЗДОРОВЫХ ЛИЦ В УСЛОВИЯХ СОЗДАНИЯ БИНАРНЫХ КЛАССИФИКАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИЕ.Э. Константинова¹, О.С. Спиридонова², Н.Л. Цапаева¹¹ Белорусский государственный медицинский университет; Беларусь, 220116 Минск, пр. Дзержинского, 83;² Компания "HiQo Solutions"; Беларусь, 220035 Минск, ул. Тимирязева, 67, оф. 180.

Целью работы является построение бинарных классификационных моделей для оценки характера нарушений транспорта кислорода (ТК) у пациентов с различными видами сердечно-сосудистой патологии. В качестве входных признаков используют параметры конъюнктивальной биомикроскопии, скорости оседания и деформируемости эритроцитов, активации тромбоцитов, вязкости крови, липидного обмена, возраст. Модели строят отдельно для мужчин и женщин. На выходе модель прогнозирует наличие или отсутствие нарушений ТК определенного типа. Целью данного этапа работы является оценка особенностей ТК в зависимости от пола и возраста. После клинико-инструментального обследования сформированы 4 группы здоровых лиц: 1f (n=34), 2f (n=28) - женщины молодого и среднего возраста ($31,1 \pm 0,52$ и $41,5 \pm 0,41$ лет, соответственно); 1m (n=59), 2m (n=24) - мужчины молодого и среднего возраста ($31,2 \pm 0,44$ и $42,1 \pm 0,82$ лет, соответственно). Измеряли параметры ТК в условиях ишемической пробы (ИП) – уровень напряжения кислорода в ткани до и после ишемии ($1pO_2$, $2pO_2$, mmHg), латентные периоды и скорости потребления и восстановления кислорода (LP1, LP, V1, V2), по тепловой девиации определяли объем кровотока в области проведения ИП. Для определения достоверности различий между группами использовали критерии Стьюдента и Манна-Уитни, в зависимости от типа распределения параметров в группах. Для оценки статистической разницы между уровнями pO_2 до и после ишемии для всех групп применяли критерий Стьюдента для зависимых выборок и критерий Вилкоксона с учетом типа распределения параметров pO_2 в группах.

Совокупность параметров ТК у женщин как молодого, так и среднего возраста, может быть охарактеризована как тип 0 – норма. В группе мужчин молодого возраста установлен тип 1, который характеризуется следующими особенностями: [$1pO_2 > 2pO_2$; $LP1 < LP2$; $V2 > 1$] и может быть определен как повышение потребности тканей в кислороде. В группе мужчин среднего возраста преобладает тип 2 [$1pO_2 > 2pO_2$; $LP1 < LP2$; $V2 < 1$], который определяется как снижение утилизации кислорода в ткани. Полученные результаты являются основой для разработки моделей прогнозирования функционального состояния системы микроциркуляции при различных видах сердечно-сосудистой патологии, включая ранние сосудистые осложнения сахарного диабета 2 типа, с учетом возраста и пола пациентов.

Ключевые слова: транспорт кислорода, система микроциркуляции, бинарные классификационные модели.

ESTIMATION OF PRACTICALLY HEALTHY SUBJECTS' PARAMETERS OF OXYGEN TRANSFER IN CONDITIONALS OF CREATION OF BINARY CLASSIFICATION MODELS OF FUNCTIONAL STATE OF THE MICROCIRCULATION SYSTEME.E. Konstantinova¹, O.S. Spiridonova², N.L. Tsapaeva¹¹ Belarusian State Medical University; Belarus, 220116 Minsk, Dzerzhinsky Ave., 83;² HiQo Solutions Company; Belarus, 220035 Minsk, 67 Timiryazeva str., office 180.

Abstract. Different age practically healthy subjects' parameters of oxygen transfer have been studied. 3 types of oxygen transfer in ischemia probe conditions were established. These results can be base of binary classification models creation for prognosis of functional state of the microcirculation system at different types of cardiovascular diseases.

Keywords: oxygen transfer, microcirculation system, binary classification models.

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ЗВЕНЬЕВ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО РУСЛА У МУЖЧИН ТРУДОСПОСОБНОГО ВОЗРАСТА С ВПЕРВЫЕ ВЫЯВЛЕННОЙ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ

А.И. Королев¹, А.А. Федорович^{1,2}, А.Ю. Горшков¹, В.А. Дадаева^{1,3}, К.В. Омеляненко¹, М.Г. Чашин¹, 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,

³ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия

Цель: провести одномоментное исследование различных отделов микроциркуляторного русла кожи у мужчин трудоспособного возраста с впервые выявленной артериальной гипертензией (АГ). **Материалы и методы:** 118 условно здоровых мужчин (30-60 лет) без регулярной медикаментозной терапии. Всем участникам проведено одномоментное комплексное обследование МЦР кожи левой руки тремя методами: видеокапилляроскопия (ВКС), лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ) и фотоплетизмография (ФПГ); суточное мониторирование АД (СМАД). По результатам СМАД сформировано 2 группы: группа контроля (ГК) - 59 нормотензивных мужчин; группа АГ - 59 мужчин с впервые выявленной АГ. **Результаты:** по данным ВКС и ЛДФ достоверных различий между группами не выявлено. По данным ФПГ в группе АГ относительно ГК отмечено достоверное увеличение нормированного индекса аугментации (Alp75) – 3,8% и -5,25% ($p < 0,005$), увеличение индекса жесткости (SI) – 7,6 м/с и 7,35 м/с ($p < 0,05$) и увеличение индекса отражения (RI) – 36,5% и 28,4% ($p < 0,005$) соответственно. **Заключение:** у мужчин трудоспособного возраста с АГ разрежения капиллярного русла и повышения тонуса прекапиллярных артериол в коже не выявлено. Вероятнее всего, основной вклад в формирование периферического сосудистого сопротивления в дебюте АГ вносят крупные мышечные артериолы, в которых доминирует нейрогенный механизм регуляции сосудистого тонуса.

Ключевые слова: впервые выявленная артериальная гипертензия, микроциркуляция, видеокапилляроскопия, лазерная доплеровская флоуметрия, фотоплетизмография, артериальная жесткость.

STRUCTURAL AND FUNCTIONAL STATE OF DIFFERENT PARTS OF THE MICROCIRCULATORY BED IN MEN OF WORKING AGE WITH NEWLY DETECTED ARTERIAL HYPERTENSION

Korolev A.I.¹, Fedorovich A.A.^{1,2}, Gorshkov A.Yu., Dadaeva V.A.^{1,3}, Omelyanenko K.V.¹, Chashchin M.G.¹, Drapkina O.M.¹

¹ "National Medical Research Center for Therapy and Preventive Medicine" of the Ministry of Health of Russia, Moscow, Russia,

² "Institute of Biomedical Problems" RAS, Moscow, Russia,

³ "Peoples' Friendship University of Russia", Moscow, Russia

118 men aged 30 to 60 years - 44 [39; 52] underwent a simultaneous study of skin microcirculation by three methods on the left hand: video capillaroscopy (VCS), laser Doppler flowmetry (LDF), photoplethysmography (PPG) and ABPM. According to ABPM two groups were formed: group 1 - 59 men with AH, group 2 - 59 men with normal BP. According to the VCS and LDF data, no significant differences were found in any of the analyzed parameters. According to the PPG data men with AH have an increase in the stiffness index (SI) from 7.35 to 7.6 m/sec ($p=0.024$), the reflection index (RI) from 28.4% to 36.5% ($p=0.0045$) and normalized augmentation index (Alp75) from -5.25 to 3.8 ($p=0.0011$), respectively. There is no capillary rarefaction, latent fluid retention and changes in the functional state of precapillary arterioles in the skin in men with initial stages of AH. An increase in the stiffness of large resistive arteries and the tone of small muscle arterioles contribute to the formation of AH in men of working age.

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ У ПАЦИЕНТОВ С ГОНАРТРОЗОМКоршунова А.А.^{1,2}, Тихомирова И.А.¹¹ЯГПУ им. К.Д. Ушинского, Россия, 150000 Ярославль, ул. Республиканская, 108/1²ЧУЗ «КБ «РЖД – Медицина»» г. Ярославль, Россия

Адекватность трофического обеспечения тканей и органов, поддержание гомеостаза всех систем организма связано с состоянием микроциркуляции. Эффективность кровоснабжения нижних конечностей во многом определяет способность человека к активному движению. Нарушения трофики тканей начинаются именно на уровне микроциркуляции, поэтому оценка состояния микрокровотока в условиях патологического процесса или возрастных дегенеративных изменений тканей важна в плане более полной диагностики и подбора оптимальной терапии и реабилитации. Целью настоящего исследования была оценка состояния микроциркуляции у пациентов с начальными стадиями гонартроза. В исследование после получения добровольного информированного согласия были включены 50 пациентов с левосторонним (n=27) и с правосторонним гонартрозом (n=23). Состояние микроциркуляции и функционирование ее регуляторных механизмов оценивали методом ЛДФ с помощью портативных анализаторов «ЛАЗМА ПФ» (НПП «ЛАЗМА», Россия), два анализатора крепили симметрично в области средней трети голени и одновременно фиксировали сигнал с обеих конечностей. С помощью программного обеспечения прибора рассчитывали показатели перфузии, ее вариабельности, показатели нутритивного и шунтового кровотока. Амплитудно-частотный спектр колебаний микрокровотока анализировали с помощью вейвлет-преобразования и рассчитывали амплитудные характеристики основных регуляторных ритмов микроциркуляции: эндотелиальных, нейрогенных, миогенных, дыхательных и сердечных. Синхронные измерения показателей перфузии позволили выявить выраженную асимметрию микрокровотка – у пациентов с левосторонним гонартрозом показатель микроциркуляции в пораженной (левой) конечности был на 34% (p<0,01) ниже, чем в контрлатеральной, при правостороннем гонартрозе микрокровоток в правой конечности был снижен на 36% (p<0,01); и в том, и в другом случае поддержание такого уровня перфузии в пораженной конечности достигалось за счет напряжения регуляторных механизмов микроциркуляции.

Ключевые слова: микроциркуляция, регуляторные механизмы, лазерная доплеровская флоуметрия, нижние конечности, гонартроз.

STUDY OF MICROCIRCULATION IN PATIENTS WITH GONARTHROSISA.A. Korshunova^{1,2}, I.A. Tikhomirova¹¹YSPU named after K.D. Ushinsky, Russia, 150000 Yaroslavl, Republikanskaya str., 108/1²CHUZ "KB "Russian Railways – Medicine"" Yaroslavl, Russia

Abstract. 50 patients with the initial stage of gonarthrosis were included in this study after receiving voluntary informed consent. The state of microcirculation and the functioning of its regulatory mechanisms were evaluated by the LDF method using portable analyzers "LAZMA PF" (NPP "LAZMA", Russia). Synchronous measurements of perfusion indicators revealed a pronounced asymmetry of the microcirculation - in patients with left-sided gonarthrosis, the microcirculation index in the diseased (left) limb was by 34% (p<0.01) lower than in the contralateral one, in patients with right-sided gonarthrosis, the microcirculation in the right limb was reduced by 36% (p<0.01) compared with left one. In both cases, the maintenance of such a level of perfusion in the diseased limb was achieved due to the intension of the regulatory mechanisms of microcirculation.

Keywords: microcirculation, regulatory mechanisms, laser Doppler flowmetry, lower extremities, gonarthrosis.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ ЭФФЕКТОВ РИТМИЧНОГО НАПРЯЖЕНИЯ МЫШЦ НА УРОВНЕ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО КРОВОТОКА КОЖИ ЧЕЛОВЕКА

Красников Г.В., Беляков К.В., Красникова И.В.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого»,
Россия, г. Тула

Известно, что ритмичное воздействие на сердечно-сосудистую систему может сопровождаться резонансными эффектами. Хорошо исследовано резонансное усиление колебаний variability сердечного ритма (ВСР) при медленном дыхании с частотой около 0.1 Гц. Формирование высокоамплитудных колебаний ВСР на данной частоте обусловлено наличием петли обратной связи с постоянной задержкой для механизмов контроля ЧСС и артериального барорефлекса. Резонансные эффекты в сердечно-сосудистой системе могут быть инициированы не только дыханием, но и, в принципе, любым ритмичным воздействием. Также предполагается наличие петли обратной связи артериального барорефлекса и механизмов контроля сосудистого тонуса. Однако, в следствие большей инерционности механизмов контроля сосудистого тонуса, по сравнению с ВСР, резонансные частоты в этом случае должны быть ниже. Целью работы было исследование резонансных эффектов ритмичного мышечного напряжения (РМН) в диапазоне частот 0.2-0.04 Гц на параметры микроциркуляторного кровотока кожи. Исследование проводили на группе студентов-добровольцев. Регистрировали ВСР, фотоплетизмограммы пальца (ФПГ), лазерные доплеровские флоуграммы кровотока кожи пальца и предплечья (ЛДФ). Испытуемые на протяжении 10 минут с заданным ритмом сжимали кистевой эспандер с усилием 5 кг. Частота ритма линейно уменьшалась с 0.2 до 0.04 Гц. Анализ сигналов проводили на основе непрерывного вейвлет-преобразования. В наших условиях РМН вызывало увеличение амплитуды спонтанных колебаний ВСР на частотах в диапазоне 0.08-0.11 Гц (mean±SE: 0.096±0.011). Для ФПГ максимумы амплитуды соответствовали частотам 0.07-0.10 Гц (0.088±0.015), при этом также отмечено увеличение амплитуды пульсовых колебаний при частоте РМН около 0.1 Гц. Максимальная амплитуда колебаний кровотока кожи пальца соответствовала диапазону 0.13-0.05 Гц (0.088±0.028), кровотока кожи предплечья 0.09-0.05 Гц (0.076±0.015). Изменения амплитуды пульсовых колебаний при этом не выявлено. Сделан вывод, что в наших условиях под влиянием РМН в сигналах ФПГ и ЛДФ формируются вынужденные (не резонансные) колебания и транслируются эффекты резонансных колебаний ВСР. Несовпадение частот максимумов амплитуды для ВСР и сигналов кровотока, может быть объяснено большей инерционностью механизмов формирования колебаний на уровне микроциркуляторного кровотока, по сравнению с ВСР.

Ключевые слова: микроциркуляция, лазерная доплеровская флоуметрия, ритмичное мышечное напряжение, вейвлет-преобразование.

RESEARCH OF THE RESONANCE EFFECTS OF RHYTHMIC MUSCLE TENSION ON THE MICROCIRCULATORY BLOOD FLOW OF THE HUMAN SKIN

Krasnikov G.V., Belyakov K.V., Krasnikova I.V.

Tula State Pedagogical University named after L.N. Tolstoy, Tula, Russia

Abstract. The aim of the work was to study the resonant effects of rhythmic muscle tension in the frequency range of 0.2-0.04 Hz on the parameters of the skin microcirculatory blood flow. It has been shown that under our conditions, under the influence of rhythmic muscle tension, forced (non-resonant) oscillations are formed in microcirculatory blood flow signals and the effects of resonant oscillations of heart rate variability are transmitted.

Keywords: microcirculation, laser Doppler flowmetry, rhythmic muscle tension, wavelet transform.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МАССАЖА ЛИЦА НА ПОКАЗАТЕЛИ ПЕРФУЗИИ У ЖЕНЩИН

Красулина К.А.¹, Дубинская А.Д.², Юрова О.В.², Глазкова П.А.¹, Глазков А.А.¹, Селиванова Д.С.¹, Рогаткин Д.А.¹

¹«Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского»; Россия, 129110 Москва, ул. Щепкина, 61/2

²«Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии»; Россия, 121099 Москва, ул. Новый Арбат, 32

Введение. Считается, что массаж полезен для улучшения самочувствия и усиления кровотока в коже и мышцах. Однако научно обоснованные данные о его механизмах и физиологическом влиянии на кардиоваскулярную систему и гемодинамику всё ещё ограничены и противоречивы. Поэтому целью нашего исследования было количественно оценить изменение перфузии после массажа. **Материал и методы исследования.** Участники исследования – 16 условно здоровых женщин. Перфузия измерялась методом некогерентной оптической флукуационной флоуметрии посредством прибора «Вазотест». Датчики крепились в области лба, скулы и указательного пальца руки. 10 минут регистрировали перфузию в покое, далее в течение 5 минут проводился массаж в области лба с помощью скребка гуаша. Следующие 60 минут велась запись перфузии. **Результаты.** Перфузия в зоне воздействия через 5 минут после массажа увеличилась в среднем в 1,85 раз – с 6,8 (3,8; 7,8) до 12,6 (10,7; 14,4) перфузионных единиц [$p < 0,001$]. Далее она постепенно уменьшалась, но значимое увеличение сохранялось в течение 20-25 минут и показатели становились сопоставимыми с исходными к 35-40 минуте. Ответ на массаж был индивидуален: у одной обследуемой перфузия повысилась на 1182,8%, в то же время у другой – только на 17%. В 20% случаев реакция на лбу сопровождалась увеличением кровотока на скуле. Наблюдалось постепенное снижение показателей перфузии на пальце в течение 60 минут в положении лежа, вероятно, в результате адаптации кардиоваскулярной системы к горизонтальной позиции. **Заключение.** Таким образом, было показано, что массаж приводит к значимому росту перфузии почти в 2 раза с постепенным возвращением к базовому уровню на 35-40 минуте. Неоднородность реакции подтверждает специфические особенности реактивности сердечно-сосудистой системы, что может учитываться в персонализированном подборе тактики массажа.

Ключевые слова: перфузия, микрососудистое русло, некогерентная оптическая флукуационная флоуметрия, массаж, гуаша

ASSESSING THE EFFECT OF FACE MASSAGE ON PERFUSION PARAMETERS IN WOMEN

Krasulina K.A.¹, Dubinskaya A.D.², Yurova O.V.², Glazkova P.A.¹, Glazkov A.A.¹, Selivanova D.S.¹, Rogatkin D.A.¹

¹ "Moscow Regional Research Clinical Institute named after M.F. Vladimirov"; Russia, 129110 Moscow, Shchepkina str., 61/2

² "National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology"; 32 Novy Arbat Str., Moscow, 121099, Russia

Abstract. The article is devoted to the analysis of perfusion changes measured by the incoherent optical fluctuation flowmetry on the face after massage. Perfusion increased from 6.8 to 12.6 PU [$p < 0.001$] and returned to the baseline level by 35-40 min. The response to massage was individual: one subject had a perfusion increase of 1182.8%, while the other had only a 17% rise. The heterogeneity of response confirms the presence of specific characteristics of the cardiovascular system reactivity, which can be used in a personalized approach to the massage.

Keywords: perfusion, microvascular bed, incoherent optical fluctuation flowmetry, massage, gua sha.

СООТНОШЕНИЕ МИКРОГЕМОЦИРКУЛЯЦИИ И МИКРОЛИМФОТОКА У СПОРТСМЕНОВ ПОСЛЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ АЭРОБНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ

Кротова К.А., Литвин Ф.Б.

Смоленский государственный университет спорта

Целью исследования было изучение соотношения микрокровотока и микролимфотока в ответ на физическую нагрузку (ФН) у спортсменов аэробных (анаэробных) видов спорта. В исследовании приняло участие 14 спортсменов аэробных видов спорта, которые на велоэргометре выполняли дозированную физическую нагрузку продолжительностью 30 минут. Состояние микрогемодициркуляции и микролимфоциркуляции оценивали методом лазерной доплеровской флоуметрии в сочетании с лазерной флуоресцентной спектроскопией на аппарате ЛАЗМА-Д (ООО НПП «ЛАЗМА», Москва). Продолжительность записи 5 минут. Оптический зонд устанавливали на волярной поверхности 4 пальца кисти справа. Рассчитывали общепринятые показатели: параметр микроциркуляции (ПМ), параметр микролимфотока (ПЛ), в перфузионных единицах (п.е.), нутритивный кровоток (Мнутр. (п.е.), амплитуду миогенных колебаний (Ам) (п.е.), показатель окислительного метаболизма (ПОМ) (усл. ед.). Установлено, что после ФН на 109% ($p < 0,05$) увеличился микролимфокровоток и на 50% ($p < 0,05$) уровень факса белковых молекул в лимфатических капиллярах. После ФН величина ПМ снижается на 73% ($p < 0,05$) и компенсаторно на 20% ($p < 0,05$) увеличивается Мнутр. Повышение объема крови в обменном звене, вероятно, направлено на выведение продуктов метаболизма и устранение накопившегося кислородного долга, о чем свидетельствует увеличение ПОМ на 14% ($p < 0,05$). Дополнительно отметим, что рост Мнутр. обеспечивается снижением тонуса прекапиллярных сфинктеров с ростом величины Ам на 107% ($p < 0,05$). Таким образом, после ФН компенсаторно повышается лимфоотток, тем самым снижая вероятность отека ткани и усиливается нутритивный кровоток, направленный на устранение кислородного долга и удаления продуктов метаболизма.

Ключевые слова: спортсмены, микрогемодициркуляция, микролимфоциркуляция, физическая нагрузка, метаболизм.

THE RATIO OF MICROHEMOCIRCULATION AND MICROLIMPHOTOC IN ATHLETES AFTER AEROBIC EXERCISE

Krotova K.A., Litvin F.B.

Smolensk State University of Sports

The aim of the study was to study the ratio of microcirculation and microlimphotoc in response to physical activity (FN) in athletes of aerobic (anaerobic) sports. The study involved 14 athletes of aerobic sports who performed a metered physical activity lasting 30 minutes on a bicycle ergometer. The state of microhemocirculation and microlimphocirculation was assessed by laser Doppler flowmetry in combination with laser fluorescence spectroscopy. The generally accepted indicators were calculated: microcirculation parameter (PM), microlimphotoc parameter (PL), in perfusion units (p.e.), nutritive blood flow (Mnutr. (p.e.), the amplitude of myogenic oscillations (Am) (p.e.), the indicator of oxidative metabolism (POM) (conl. units). It was found that after FN, the microlimph blood flow increased by 109% ($p < 0.05$) and the fax level of protein molecules in lymphatic capillaries increased by 50% ($p < 0.05$). After FN, the value of PM decreases by 73% ($p < 0.05$) and compensatorily increases by 20% ($p < 0.05$) Mnutr. The increase in blood volume in the metabolic link is probably aimed at removing metabolic products and eliminating accumulated oxygen debt, as evidenced by an increase in POM by 14% ($p < 0.05$). Additionally, we note that the growth of Mnutr. it is provided by a decrease in the tone of precapillary sphincters with an increase in the Am value by 107% ($p < 0.05$). Thus, after FN, the lymph outflow compensatorily increases, thereby reducing the likelihood of tissue edema and the nutritive blood flow increases, aimed at eliminating oxygen debt and removing metabolic products.

Keywords: athletes, microhemocirculation, microlimphocirculation, physical activity, metabolism.

ОСОБЕННОСТИ ГЕМОРЕОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ У ПАЦИЕНТОВ, ПЕРЕНЕСШИХ ОСТРОЕ НАРУШЕНИЕ МОЗГОВОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ, АССОЦИИРОВАННОГО С КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИЕЙ

Кручинина М.В., Громов А.А., Рабко А.В.

НИИ терапии и профилактической медицины – филиал ИЦиГ СО РАН: Россия, 630089

Новосибирск, ул. Б. Богаткова, 175/1

Цель работы – выявить особенности гемореологических нарушений у пациентов с ОНМК, ассоциированным с Covid-19. Обследованы 92 пациента ($46,72 \pm 1,72$ года), перенесшие ОНМК на фоне Covid-19 (подтверждено ПЦР). У 67 пациентов отмечался ишемический инсульт, у 14 – ТИА, у 11 пациентов отмечалось внутримозговое кровоизлияние, у 3 – субарахноидальное кровоизлияние. Исследование показателей гемостаза проведено стандартными методами, электрические, вязкоупругие параметры эритроцитов (Эр) изучены методом диэлектрофореза. У большей части обследованных (60 человек) выявлены признаки внутрисосудистого свертывания и тромбообразования: ускорение лейкоцитарно-тромбоцитарной агрегации, повышение уровня продуктов свертывания, снижение активности фибринолиза ($p=0,002-0,04$). В данной группе (1 группа) оказались выше уровни Д-димера, фибриногена, СОЭ, количество тромбоцитов по сравнению с пациентами 2 группы ($p<0,01$). Отмечено умеренное увеличение обобщенных показателей вязкости и жесткости Эр. Уровень гемолиза Эр был ассоциирован с количеством тромбоцитов ($r=0,727$, $p<0,05$), уровнем Д-димера ($r=0,422$, $p=0,04$), фибриногена ($r=0,318$, $p<0,05$). Во 2 группе (32 человека с преобладанием мужчин – 25) маркеры тромбообразования имели умеренные отклонения. Доминировала резко сниженная деформабельность Эр с повышенной обобщенной вязкостью и жесткостью на фоне высокой электропроводности мембран клеток по сравнению с показателями в 1 группе ($p<0,01$). Отмечено снижение емкости мембран, поверхностного заряда, дипольного момента клеток и поляризуемости на всех частотах электрического поля, чем таковые в 1 группе ($p=0,0001-0,05$). Резкое снижение деформируемости Эр создает препятствия для преодоления капилляров малого диаметра, приводя к нарушениям микроциркуляторного кровотока. Деформабельность Эр была ассоциирована с уровнями ферритина ($r=0,407$, $p=0,024$), гликозилированного гемоглобина ($r=0,419$, $p=0,033$), мочевой кислоты ($r=-0,303$, $p<0,05$), ХС ЛПНП ($0,426$, $p=0,029$). Таким образом, у пациентов, перенесших инсульт на фоне COVID-19, выявлены два независимых механизма развития нарушений мозгового кровообращения: тромботический и гемореологический. Тромботический вариант связан с прокоагулянтным состоянием и с активностью воспаления. Гемореологический вариант обусловлен снижением активности ферментов энергетического обмена Эр, ассоциирован с наличием метаболических нарушений и устраняется введением коэнзимов и метаболитов. **Ключевые слова:** гемореологические нарушения, острое нарушение мозгового кровообращения

FEATURES OF HEMORHEOLOGICAL DISORDERS IN PATIENTS WITH ACUTE CEREBROVASCULAR ACCIDENT ASSOCIATED WITH CORONAVIRUS INFECTION

M.V. Kruchinina, A.A. Gromov, A.V. Rabko

Research Institute of Therapy and Preventive Medicine – branch of ICiG SB RAS: Russia, 630089

Novosibirsk, B. Bogatkova str., 175/1

In patients who suffered a stroke on the background of COVID-19, two independent mechanisms of development of cerebral circulation disorders were identified: thrombotic and hemorheological. The thrombotic variant is associated with the procoagulant state and with the activity of inflammation. The hemorheological variant is caused by a decrease in the activity of enzymes of the energy metabolism of Er, is associated with the presence of metabolic disorders and is eliminated by the introduction of coenzymes and metabolites.

Keywords: hemorheological disorders, acute cerebrovascular accident.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ЭРИТРОЦИТОВ И СЫВОРОТКИ КРОВИ В РАННЕЙ ДИАГНОСТИКЕ КОЛОРЕКТАЛЬНОГО РАКА

Кручинина М.В., Громов А.А., Шашков М.В., Соколова А.С., Яковина И.Н., Осипенко И.В.
НИИ терапии и профилактической медицины – филиал ИЦиГ СО РАН: Россия, 630089
Новосибирск, ул. Б. Богаткова, 175/1; ФГБУН Институт катализа СО РАН, Новосибирск,
Россия; ФГБУН Институт органической химии СО РАН, Россия; НГТУ, Новосибирск, Россия

Цель исследования – выявить перечень жирных кислот (ЖК) мембран эритроцитов (Эр) и сыворотки крови (СК), которые могут служить потенциальными биомаркерами ранних стадий колоректального рака (КРР) и аденоматозных полипов (АП) - предрака. Обследованы 65 пациентов с 1–2 стадиями КРР (средний возраст $63,3 \pm 9,6$ лет), 25 пациентов с АП и 35 человек группы сравнения, сопоставимых по возрасту и полу. Изучение уровня и состава ЖК Эр и СК проведено с помощью ГХ/МС системы Agilent 7000В (США). Наиболее значимыми в различии 1-2 ст. КРР от здоровых лиц оказались омега-3 ПНЖК, особенно С22:6 n3, С20:5 n3 + С22:6 n3, а также сумма всех омега-3 ПНЖК как в мембранах Эр, так и в СК ($p=0,00001-0,02$). Их повышение преобладало над повышением омега 6 ПНЖК (С20:2 n6, С22:3 n6, С22:4 n6), особенно в сыворотке крови ($p<0,05$). Только в СК при КРР отмечено повышение уровня арахидоновой кислоты С20:4 n6 ($p=0,00003$). Модель, включающая перечень ЖК – С14:0, С15:0, С16:1;7, С18:3n3, С20:2n6, С20:3n6, С20:5n3, С22:4n6, С22:5n3, С22:6n3, сумма омега-3 ПНЖК, С20:5n3+С22:6n3, отношение НЖК/ПНЖК, обеспечила AUC 0,916 со специфичностью 0,90, чувствительностью 0,95 в различии 1-2 стадии КРР от здоровых. Ключевую роль в дифференцировании 1-2 стадий КРР от АП играли ЖК мембран Эр: омега-6 ПНЖК, особенно С18:2n6, С20:4n6, сумма омега-6 ПНЖК, сумма всех ПНЖК, уровни которых выше при КРР ($p=0,000003$) и, С18:0, отношения НЖК/ННЖК, НЖК/ПНЖК, содержание которых, напротив, ниже, чем у пациентов с АП ($p=0,000009$). Модель, состоящая из ЖК мембран Эр - С18:2n6, сумма омега-6 ПНЖК, С18:0, сумма ПНЖК, С20:4n6 обеспечила точность различия 1-2 стадий КРР от АП с AUC 0,824. Таким образом, уровни и соотношения жирных кислот в мембранах Эр и СК следует рассматривать как перспективные биомаркеры для ранней диагностики КРР и предрака.

Ключевые слова: колоректальный рак, аденоматозные полипы, ранняя диагностика, жирные кислоты, эритроциты, сыворотка крови.

POSSIBILITIES OF USING ERYTHROCYTE AND BLOOD SERUM FATTY ACIDS IN THE EARLY DIAGNOSIS OF COLORECTAL CANCER

M.V. Kruchinina, A.A. Gromov, M.V. Shashkov, A.S. Sokolova, I.N. Yakovina, I.V. Osipenko
Research Institute of Therapy and Preventive Medicine – branch of ICiG SB RAS: Russia, 630089
Novosibirsk, B. Bogatkova str., 175/1; FSBI Institute of Catalysis SB RAS, Novosibirsk, Russia; FSBI
Institute of Organic Chemistry SB RAS, Russia; NSTU, Novosibirsk, Russia

The aim of the study is to identify a list of fatty acids (FA) of erythrocyte (ER) and blood serum (BS) membranes, which can serve as potential biomarkers of early stages of colorectal cancer (CRC) and adenomatous polyps (AP) - precancer. Model including list of FAs - C14:0, C15:0, C16:1;7, C18:3n3, C20:2n6, C20:3n6, C20:5n3, C22:4n6, C22:5n3, C22:6n3, omega-3 PUFA, C20:5n3+C22:6n3, ratio of SFA/PUFA, provided AUC 0.916 with specificity 0.90, sensitivity 0.95 in distinguishing stage 1-2 CRC from healthy ones. The model consisting of FA membranes Er - C18:2n6, sum of omega-6 PUFA, C18:0, total PUFA, C20:4n6 ensured the accuracy of distinguishing stages 1-2 of CRC from AP with an AUC of 0.824. Thus, the levels and ratios of fatty acids in ER membranes and BS should be considered as promising biomarkers for the early diagnosis of CRC and precancer.

Keywords: colorectal cancer, adenomatous polyps, early diagnosis, fatty acids, erythrocytes, blood serum.

УРОВЕНЬ Д-ДИМЕРА У КОСМОНАВТОВ В ПЕРИОДЕ РЕАДАПТАЦИИ ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ.

Кузичкин Д.С.

ФГБУ Науки ГНЦ РФ-ИМБП РАН, Москва, Россия

Введение. Недавно в ходе орбитального космического полета был выявлен случай обструктивного тромбоза левой внутренней яремной вены [Aunon-Chancellor S.M., et al., 2020], а также явления застойного кровотока, приведшие к окклюзионному тромбозу у одного из членов экипажа на МКС [Marshall-Goebell K., et al., 2019]. Проблема контроля состояния системы гемостаза со временем будет только повышать свою актуальность, так как космический полет становится все более доступным для лиц с парциальной недостаточностью здоровья, прошедшим ускоренный курс предполетной подготовки.

Материалы и методы. В исследовании принимали участие 27 космонавтов мужского пола в возрасте от 37 до 60 лет. Взятие венозной крови осуществлялось за 30 суток до старта, на 1-е и 7-е сутки послеполетного периода (ПП). Выборку космонавтов разделили на 3 группы по характеру наблюдаемых после полета подкожных кровоизлияний (1-я группа – без видимых кровоизлияний; во 2-й группе наблюдались петехиальные кровоизлияния; в 3-й группе отмечались подкожные экхимозы различной локализации). В цитратной плазме космонавтов иммунологическим методом на автоматическом коагулометре Sysmex CA-1500 определяли концентрацию Д-димера (ДД); Полученные данные обрабатывали с помощью критериев Манна – Уитни и Уилкоксона.

Результаты и обсуждение. На 7-е сутки ПП наблюдалось отличие плазменного уровня ДД между 1-й и 3-й группой (в 3-й группе выше на 85%, $p=0,033$). Данный эффект вероятно обусловлен повреждением эндотелия на этапах спуска с орбиты и в период реадaptации к наземным условиям. Не исключено, что изменение реологических характеристик крови играет важную роль не только в процессах активации эндотелия, но и регуляции активности плазменного компонента гемостаза.

Заключение. Наблюдаемые изменения указывали на активацию процессов фибринообразования и фибринолиза в ПП, что особенно выражено у космонавтов с признаками повреждения сосудистого эндотелия.

Работа выполнена в рамках темы РАН № 65.1.

Ключевые слова: гемостаз, космонавты, Д-димер, космические полеты, космическая медицина.

D-DIMER LEVEL IN COSMONAUTS IN READAPTATION PERIOD OF AFTER LONG-TERM SPACE FLIGHTS.

Kuzichkin D.S.

FSBI of Science SSC RF-IMBP RAS, Moscow, Russia

Abstract. The work is devoted to the study of cosmonauts' blood D-dimer level after long-term (90-200 days) orbital flights. The sample of cosmonauts was divided into 3 groups according to the nature of subcutaneous hemorrhages observed after the flight (group 1 - without visible hemorrhages; group 2 - with petechial hemorrhages; group 3 - with subcutaneous ecchymosis of various localization). On the 7th day of readaptation period, there was a difference in the plasma level of D-dimer between the 1st and 3rd groups (in the 3rd group it was higher by 85%, $p=0.033$). This effect indicates the activation of fibrin formation and fibrinolysis in the 3rd group and is probably due to endothelial damage at the stages of descent from orbit and during the period of readaptation to terrestrial conditions.

Keywords: hemostasis, cosmonauts, D-dimer, space flights, space medicine.

ДИСКОВЫЙ ЛАЗЕРНЫЙ ЭКТАЦИТОМЕТР ЭРИТРОЦИТОВ

Лебедева М.С., Цыбров Е.Г., Никитин С.Ю.

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

Аннотация. Собран дисковый лазерный эктацитометр и проведены первые измерения ширины распределения эритроцитов по деформируемости.

Дисковый лазерный эктацитометр предназначен для измерения деформируемости эритроцитов. Сильно разбавленная суспензия эритроцитов заливается в зазор между двумя плоскими прозрачными дисками, один из которых неподвижен, а другой может вращаться с заданной угловой скоростью. Вращение диска создает в суспензии сдвиговое напряжение, которое вытягивает эритроциты вдоль потока. Суспензию просвечиваем лазерным пучком и наблюдаем картину рассеяния света эритроцитами (дифракционную картину). Вытягивание картины при высоком напряжении сдвига демонстрирует деформацию эритроцитов силами вязкого трения. Анализ дифракционной картины проводим при помощи компьютерной программы, находящей линию изоинтенсивности (линию на экране наблюдения, интенсивность света на которой имеет определенное значение) и геометрические параметры данной линии.

Ранее нами были разработаны алгоритмы обработки данных, позволяющие измерять характеристики распределения эритроцитов по деформируемости. Один из этих алгоритмов мы экспериментально проверили на дисковом эктацитометре. Была измерена ширина распределения эритроцитов по деформируемости (RDWD – Red Blood Cell Distribution Width in Deformability). Для нормального образа крови мы получили RDWD=15%. В докладе будут рассмотрены конструкция дискового лазерного эктацитометра, приведены его основные параметры, а также обозначены факторы, влияющие на проведение эксперимента.

Работа выполнена в рамках междисциплинарного научного проекта № 23-Ш06-03, выполняющегося в интересах Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского университета «Фотонные и квантовые технологии».

Ключевые слова: деформируемость эритроцитов, лазерная эктацитометрия, ширина распределения эритроцитов по деформируемости.

DISC LASER EKTACYTOMETER OF ERYTHROCYTES

M. S. Lebedeva, E. G. Tsybrov, S. Yu. Nikitin

M. V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Abstract. Disk laser ektacytometer was assembled and the first measurements were made to determine the Red Blood Cell Distribution in Deformability (RDWD)

Keywords: erythrocyte deformability, laser ektacytometer, Red Blood Cells Distribution Width in Deformability.

АССОЦИАЦИЯ ПОЛИМОРФИЗМА G5665T ГЕНА ЭНДОТЕЛИНА-1 С УРОВНЕМ ЭНДОТЕЛИНА-1 У ЛИЦ МУЖСКОГО ПОЛА С АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙЛевкович Т.В.¹, Пронько Т.П.¹, Горчакова О.В.¹, Бородавко О.Н.², Парай И.Л.², Кошко О.И.³¹Учреждение образования "Гродненский государственный медицинский университет";

Республика Беларусь, Гродно 230009, ул. Горького, 80.

²Учреждение здравоохранения «Гродненская университетская клиника»; Республика Беларусь, Гродно 230017, бульвар Ленинского комсомола, 52.³Государственное учреждение здравоохранения «Гродненская областная клиническая больница медицинской реабилитации»; Республика Беларусь, Гродно 230027, ул. Коммунальная, 2.

Целью исследования является изучение ассоциации полиморфизма G5665T гена эндотелина-1 (ЭТ-1) с уровнем ЭТ-1 у лиц мужского пола с артериальной гипертензией (АГ). Обследованы 203 мужчины в возрасте 31-50 лет, которые были разделены на подгруппы (ПГ): ПГ I - 66 практически здоровых лица мужского пола, в ПГ II - 137 мужчин с АГ 1-2 степени. Генотипирование проводили методом полимеразной цепной реакции с применением набора реагентов «SNP-экспресс-РВ» (НПФ «Литех», РФ). Исследование уровня ЭТ-1 (в пг/мл) проводили методом иммуноферментного анализа на ридере Tecan Sunrise с использованием набора реагентов FineTest (Китай). Результаты проанализированы с использованием программы STATISTICA 10.0. Выявлено, что распределение генотипов полиморфного локуса G5665T гена ЭТ-1 в ПГ I и ПГ II соответствовало ожидаемому равновесию Харди-Вайнберга, ($\chi^2=3,5$; $p=0,17$ и $\chi^2=0,005$; $p=0,99$). Уровень ЭТ-1 в ПГ I составил - 8,27 [4,29; 17,3], в ПГ II - 11,04 [7,07; 28], ($p=0,003$). В ПГ I у лиц с генотипом GG уровень ЭТ-1 был 8,01 [3,87; 17,9], GT - 7,92 [4,51; 9,77], TT - 15,9 [9,45; 17,1] ($h=1,73$; $p=0,42$). У носителей аллеля G уровень ЭТ-1 - 8,01 [4,11; 17,54], у носителей аллеля T - 9,11 [4,62; 11,2], ($p=0,96$). В ПГ II у лиц с генотипом GG уровень ЭТ-1 был 10,12 [6,9; 25,9], GT - 15,29 [8,4; 35,42], TT - 15,42 [9,51; 21,86] ($h=1,5$; $p=0,47$). У носителей аллеля G уровень ЭТ-1 - 10,8 [7,07; 30,15], аллеля T - 15,43 [8,4; 34,18], ($p=0,4$). При проведении сравнительного анализа концентраций ЭТ-1 между ПГ I и ПГ II выявлены достоверные различия при носительстве генотипа GT ($p=0,02$), аллеля G ($p=0,03$) и аллеля T ($p=0,04$). Не выявлено ассоциации-полиморфизма G5665T гена ЭТ-1 с уровнем ЭТ-1 как у здоровых лиц, так и у лиц с АГ. У пациентов с АГ уровень ЭТ-1 выше, чем у практически здоровых лиц, при носительстве генотипа GT, аллеля G и аллеля T.

Ключевые слова: эндотелин-1, артериальная гипертензия, мужчины, ген, аллель.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке БРФФИ
в рамках научного проекта M23-078*

ASSOCIATION OF ENDOTHELIN-1 GENE G5665T POLYMORPHISM WITH ENDOTHELIN-1 LEVEL IN MALE PERSONS WITH ARTERIAL HYPERTENSIONT.W. Levkovich¹, T.P. Pronko¹, O.W. Gorchakowa¹, O.N. Borodawko¹, I.L. Paray², O.I. Coshco³¹ Educational institution "Grodno State Medical University"; Republic of Belarus, Grodno 230009, Gorky str., 80.² Healthcare institution "Grodno University Clinic"; Republic of Belarus, Grodno 230017, Leninsky Komsomol Boulevard, 52.³ State healthcare Institution "Grodno Regional Clinical Hospital of Medical Rehabilitation"; Republic of Belarus, Grodno 230027, ul. Communal, 2.

The study involved 203 men aged 31-50 years, who were divided into subgroups: I - 66 practically healthy males, II - 137 men with arterial hypertension of 1-2 degree. There was no association of the G5665T polymorphism of the endothelin-1 gene with the level of endothelin-1 both in healthy individuals and in individuals with hypertension. In patients with hypertension the level of endothelin-1 is higher than in practically healthy individuals with the carriage of the GT genotype, the G allele and the T allele.

Key words: endothelin-1, arterial hypertension, men, gene, allele.

ВЛИЯНИЕ АМИНОКИСЛОТ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ НА ВАЗОМОТОРНУЮ И МЕТАБОЛИЧЕСКУЮ ФУНКЦИЮ У СПОРТСМЕНОВ В ПОКОЕ И ПОСЛЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

Литвин Ф.Б., Брук Т.М.

Смоленский государственный университет спорта

Статья посвящена изучению влияния биодобавки на основе молочной сыворотки на уровень перфузии в системе микроциркуляции, механизмы регуляции и уровень окислительного метаболизма в покое и при физических нагрузках. Работа выполнена на баскетболистах уровня КМС и разряда, которые на протяжении 30 дней принимали БАД на основе молочной сыворотки. Применяли метод лазерной доплеровской флоуметрии в сочетании с лазерной флуоресцентной спектроскопией. Продолжительность записи 5 минут. Оптический зонд устанавливали на волярной поверхности 4 пальца кисти справа. Рассчитывали общепринятые показатели. Полученный материал обработан статистически с нахождением средней взвешенной величины (M) и ошибки средней величины (m). При проведении парных сравнений уровней показателей внутри группы при повторных измерениях, использовали критерий Вилкоксона. За уровень статистически значимых различий принимали изменения при $p < 0,05$ и $0,01$. В результате исследования было установлено, что в покое после приема БАД на 16% ($p < 0,05$) снижается параметр микроциркуляции (ПМ), на 20% ($p < 0,05$) растет нутритивный кровоток (Mнутр.), на 29% амплитуда миогенных колебаний (Am) и практически не изменяется уровень окислительного метаболизма (снижение НАДН на 2%). Функциональный эффект БАДа усиливается во время физической нагрузки (ФН). После приема БАД в ответ на ФН величина ПМ повышается на 74% ($p < 0,05$), показатель Mнутр. - на 39% ($p < 0,05$), Am - на 111% ($p < 0,01$) и повышается уровень окислительного метаболизма (НАДН снижается на 14% ($p < 0,05$)). Таким образом, выраженный актопротекторный эффект БАД проявляется в условиях физических нагрузок.

Ключевые слова: спортсмены, физические нагрузки, биодобавки, микроциркуляция, регуляция, коферменты.

THE EFFECT OF WHEY AMINO ACIDS ON VASOMOTOR AND METABOLIC FUNCTION IN ATHLETES AT REST AND AFTER EXERCISE

Litvin F.B., Bruk T.M.

Smolensk State University of Sports

The article is devoted to the study of the effect of a whey-based dietary supplement on the level of perfusion in the microcirculation system, the mechanisms of regulation and the level of oxidative metabolism at rest and during exercise. The work was carried out on basketball players of the CMC and discharge level who took dietary supplements based on whey for 30 days. The method of laser Doppler flowmetry in combination with laser fluorescence spectroscopy was used. The recording duration is 5 minutes. The optical probe was mounted on the volar surface of 4 fingers of the right hand. The generally accepted indicators were calculated.

The obtained material was processed statistically with the finding of the weighted average value (M) and the error of the average value (m). When conducting paired comparisons of the levels of indicators within the group during repeated measurements, the Wilcoxon criterion was used. Changes at $p < 0.05$ and 0.01 were taken as the level of statistically significant differences. As a result of the study, it was found that at rest after taking dietary supplements, the microcirculation parameter (PM) decreases by 16% ($p < 0.05$), the nutritional blood flow increases by 20% ($p < 0.05$), the amplitude of myogenic oscillations (Am) increases by 29% and the level of oxidative metabolism practically does not change (reduction of NADH by 2%). The functional effect of the dietary supplement is enhanced during physical activity (FN). After taking dietary supplements in response to FN, the value of PM increases by 74% ($p < 0.05$), the index of Mnutr. - by 39% ($p < 0.05$), Am - by 111% ($p < 0.01$) and the level of oxidative metabolism increases (NADH decreases by 14% ($p < 0.05$)). Thus, the pronounced actoprotective effect of dietary supplements is manifested in conditions of physical exertion.

Keywords: athletes, physical activity, dietary supplements, microcirculation, regulation, coenzymes.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ МИКРОКРОВотоКА У ПАЦИЕНТОВ С СОЛИДНЫМИ ОПУХОЛЯМИЛемехова В.А.¹, Тихомирова И.А.², Петроченко Е.П.², Кислов Н.В.¹¹ГБУЗ Ярославской области «Областная клиническая онкологическая больница»

г. Ярославль, Россия

²ЯГПУ им. К.Д. Ушинского, Россия, 150000 Ярославль, ул. Республиканская, 108/1

Выполнена комплексная оценка состояния микроциркуляции, свертывающей системы крови и ее реологических свойств у пациентов со злокачественными новообразованиями (ЗНО). Выявлено нарушение периферического кровотока по типу ишемии, обусловленное повышенным микрососудистым тонусом со снижением нутритивного микрокровоотока и окислительного метаболизма тканей. Определенный вклад в уменьшение вазодилатационного резерва резистивных микрососудов в условиях опухолевого роста вносит выявленный в ходе исследования дисбаланс содержания газомедиаторов в плазме крови (рост уровня H₂S и снижение концентрации общего пула метаболитов NO). Выявленные корреляции содержания газомедиаторов в плазме с параметрами гемостаза и реологическими свойствами крови (число которых и теснота связи возрастают при ЗНО в сравнении с нормой) указывают на вовлеченность NO и H₂S в процессы гемостаза на разных этапах и их влияние на функциональные свойства клеток крови (агрегатные свойства тромбоцитов и микрореологические свойства эритроцитов (деформируемость и агрегацию)). В сравнении с нормой у пациентов отмечено активирование свертывающей системы крови (повышенная агрегация тромбоцитов, интенсификация протеолитического этапа фибринообразования и всех этапов фибриногенеза, сокращение времени свертывания крови) и неблагоприятные изменения микрореологических свойств эритроцитов – повышенная агрегация и сниженная способность к деформации. Под влиянием доноров оксида азота (нитропруссид натрия, SpermineNONOate) и сероводорода (NaHS, GYY4137) уменьшилась агрегация форменных элементов крови, повысилась ее суспензионная стабильность, снизилась интенсивность процессов фибриногенеза и удлинилось время свертывания крови как в норме, так и у пациентов. Таким образом, регуляторный эффект изучаемых молекул газомедиаторов на систему гемостаза затрагивает как тромбоцитарный, так и плазменный компоненты гемостаза. При изолированной оценке агрегации тромбоцитов и эритроцитов отмечено снижение агрегируемости клеток крови под влиянием доноров NO и H₂S.

Ключевые слова: микроциркуляция, гемореология, гемостаз, злокачественные новообразования, газомедиаторы.

STUDY OF MICROCIRCULATION IN PATIENTS WITH SOLID TUMORSV.A. Lemehova¹, I.A. Tikhomirova², E.P. Petrochenko², N.V. Kislov¹¹Regional Clinical Oncology Hospital, Yaroslavl, Russia²YSPU named after K.D. Ushinsky, Russia, 150000 Yaroslavl, Respublikanskaya str., 108/1

Abstract. Assessment of the state of microcirculation, the blood coagulation system and its rheological properties in patients with solid tumors revealed an ischemic type of peripheral blood flow disturbances due to increased microvascular tone with a decrease in nutritional microcirculation and oxidative metabolism of tissues. A certain contribution to the decrease in the vasodilatation reserve of resistive microvessels under conditions of tumor growth is made by the imbalance in the content of gasotransmitters in the blood plasma (an increase in the level of H₂S and a decrease in the concentration of the total pool of NO metabolites). It was shown the effect of NO and H₂S at different stages of the blood coagulation process and their influence on the functional properties of blood cells (aggregate properties of platelets and microrheological properties of erythrocytes (deformability and aggregation)).

Keywords: microcirculation, hemorheology, hemostasis, solid tumors, gasotransmitters.

МИКРОРЕОЛОГИЯ ЭРИТРОЦИТОВ У БОЛЬНЫХ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫМИ НОВООБРАЗОВАНИЯМИ (ЗНО) И ЕЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ ДОНОРОВ ГАЗОТРАНСМИТТЕРОВЛемехова В.А.², Кислов Н.В.², Тихомирова И.А.¹, Петроченко Е.П.¹, Муравьев А.В.¹¹ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет им.

К.Д. Ушинского»; Россия, 150000 Ярославль, ул. Республиканская, 108/1,

²ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет», Россия, 150000 Ярославль, ул. Революционная, 5

Нарушения микроциркуляции при злокачественных новообразованиях (ЗНО) значительной мере могут быть обусловлены негативными изменениями микрореологических свойств эритроцитов: их деформируемости (ДЭ) и агрегации (АЭ). Целью исследования было изучение микрореологических ответов эритроцитов больных лиц на доноры газотрансмиттеров (ГТ). В группе здоровых лиц (n=15) и у больных ЗНО (n=20) регистрировали ДЭ и АЭ эритроцитов до после инкубации клеток с нитропруссидом натрия (НПН, 100 мкМ), гидросульфидом натрия (NaHS, 100 мкМ), отдельно и при их одновременном действии. На теньках эритроцитов оценивали их микрореологические ответы на ГТ. Сравнение микрореологического профилей эритроцитов больных ЗНО и здоровых лиц показало, что ДЭ и АЭ различались (p<0,05). Отдельно НПН и NaHS повышали ДЭ на 9-11% у больных ЗНО, совместное их действие давало 13% прирост. При этом, увеличение ДЭ после инкубации одновременно с двумя донорами ГТ было достоверно большим, чем только с НПН (p=0,003) и с NaHS (p=0,018). Снижение АЭ под влиянием отдельных доноров ГТ (НПН и NaHS) составило 25 и 33%, соответственно. Совместное применение двух ГТ снижало АЭ на 39%. Это достоверно больше, чем отдельное действие ГТ (p=0,045). Восстановленные тени эритроцитов у больных ЗНО повышали деформируемость, в ответ на доноры ГТ, сходным образом с интактными эритроцитами и совместное действие двух доноров ГТ вызывали несколько больший эффект (p=0,004), чем отдельное их использование.

Ключевые слова: злокачественные новообразования, эритроциты, газотрансмиттеры, микрореология

MICRORHEOLOGY OF ERYTHROCYTES IN PATIENTS WITH MALIGNANT NEOPLASMS (MN) AND ITS CHANGES UNDER THE INFLUENCE OF DONOR GASOTRANSMITTERSV.A. Lemekhova², N.V. Kislov², I.A. Tikhomirova¹, E.P. Petrochenko¹, A.V. Muravyov¹¹ "Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky"; Russia, 150000 Yaroslavl, Republican str., 108/1,² "Yaroslavl State Medical University", Russia, 150000 Yaroslavl, Revolutsionnaya str., 5

The aim of the study was to study the microrheological responses of erythrocytes of sick individuals to the use of gas transmitter (GT) donors. In the group of healthy individuals (n=15) and in patients with malignant neoplasms (n=20), DE and AE of erythrocytes were recorded before after incubation of cells with sodium nitroprusside (SNP), sodium hydrosulfide (NaHS). The erythrocyte ghosts were prepared and the change in their DE under the influence of GT was evaluated. Comparison of the microrheological profile of erythrocytes in cancer patients and healthy individuals showed that DE and AE differed (p<0.05). Separately, SNP and NaHS increased DE by 9-11% in patients with cancer, their combined action gave a 13% increase. At the same time, the increase in DE after incubation simultaneously with two GT donors was significantly greater than with only SNP and NaHS. The decrease in AE under the influence of individual GT donors (SPN and NaHS) was 25 and 33%, respectively, and the effect of the joint action was 39%. Recovered erythrocyte ghosts of in patients with cancer increased deformability in response to GT donors, similarly to intact erythrocytes.

Keywords: malignant neoplasms, erythrocytes, gasotransmitters, microrheology.

СЕПСИС-ИНДУЦИРОВАННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОКРАТИТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ ЛИМФАТИЧЕСКИХ УЗЛОВ КРЫС

Лобов Г.И.

Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Россия, Санкт-Петербург, наб. Макарова, 6

Лимфатическая система в организме теплокровных является важнейшим участником иммунного процесса, перенося антигены, антигенпрезентирующие клетки, лимфоциты, хемокины и цитокины. Лимфа на пути следования от мест образования до впадения в крупные вены шеи обязательно проходит через лимфатические узлы (ЛУ). В состав капсулы ЛУ входит значительное количество гладкомышечных клеток (ГМК), синхронные ритмические сокращения которых являются основным фактором, обеспечивающим продвижение лимфы по синусам ЛУ и выход лимфы в эфферентные лимфатические сосуды. Будучи важнейшими иммунными органами, ЛУ вовлекаются в различные воспалительные и иммунные процессы. Нами изучена сократительная функция ЛУ при моделировании сепсиса. Сепсис моделировали на крысах линии Wistar посредством лигирования-пункции слепой кишки (CLP). Брюшечные ЛУ исследовали через 24 часа после операции CLP. ЛУ размещали в камере миографа, через которую постоянно протекал физиологический раствор, в который добавляли тестовые вещества. Установлено, что ЛУ крыс с CLP имели низкий уровень тонуса и не генерировали фазные сокращения, характерные для ЛУ крыс контрольной группы. Сократительная реакция на фенилэфрин (PhE) ЛУ крыс с CLP была снижена до $39,6 \pm 4,1\%$ от ответа ЛУ крыс контрольной группы, но возрастала при добавлении в раствор 1400W, целекоксиба и пропаргилглицина. Таким образом, воспаление ингибирует сократительную функцию ГМК капсулы ЛУ посредством экспрессии индуцибельной NOS, COX-2 и цистатионин- γ -лиазы, что сопровождается образованием NO, простагландинов с дилататорными свойствами и сероводорода. Ингибирование сократительной функции ГМК капсулы ЛУ при воспалении создает оптимальные условия для гипертрофии и ремоделирования ЛУ.

Ключевые слова: лимфатические узлы, сокращение, сепсис

Финансовая поддержка: грант РФФ № 22-25-00108.

SEPSIS-INDUCED CHANGES IN CONTRACTILITY FUNCTION LYMPH NODES OF RATS

G.I. Lobov

I.P. Pavlov Institute of Physiology of the Russian Academy of Sciences, Russia, St. Petersburg, nab. Makarova, 6

Abstract. The lymph nodes (LN) capsule contains a smooth muscle cells (SMCs), whose synchronous rhythmic contractions are the main factor that ensures the movement of lymph through the sinuses of the LN and the exit of lymph into the efferent lymphatic vessels. Sepsis was modeled in Wistar rats by caecal ligation-puncture (CLP). The LN was placed in the chamber of the myograph, through which the saline solution was constantly flowing, to which the test substances were added. It was found that the LNs of rats with CLP had a low level of tone and did not generate phasic contractions characteristic of the LNs of rats in the control group. The contractile response to phenylephrine (PhE) of the LNs of CLP rats was reduced to $39.6 \pm 4.1\%$ of the LN response of control rats, but increased when 1400W, celecoxib, and propargylglycine were added to the solution. Thus, inflammation inhibits the contractile function of the LN capsule SMC through the expression of inducible NOS, COX-2, and cystathionine- γ -lyase, which is accompanied by the formation of NO, dilatory prostaglandins, and hydrogen sulfide.

Keywords: lymph nodes, contraction, sepsis.

ВЛИЯНИЕ ЛИРАГЛУТИДА В КОМБИНАЦИИ С ТКАНЕВОЙ БИОСТИМУЛЯЦИЕЙ НА МИКРОЦИРКУЛЯЦИЮ ПРИ НОРМАЛЬНОМ И НАРУШЕННОМ УГЛЕВОДНОМ ОБМЕНЕ У БЕЛЫХ КРЫС

Лойко Д.Д., Степанова Т.В., Савкина А.А.

Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского; Россия, 41012, Саратов, ул. Б. Казачья, 112

Целью настоящей работы являлось изучение влияния лираглутида в комбинации с тканевой биостимуляцией на микроциркуляцию при нормальном и нарушенном углеводном обмене. Для достижения цели исследования были смоделированы 4 экспериментальные группы животных: контрольная группа с интактными животными, группа сравнения – животные с нарушениями углеводного обмена, вызванными введением аллоксана, опытная группа №1 – крысы, которым выполнялось введение лираглутида и проводилась аутотрансплантация полнослойного кожного лоскута (АТПКЛ) на фоне нормальных показателей углеводного обмена, опытная группа №2 – крысы, которым вводили лираглутид и выполняли АТПКЛ на фоне нарушенного углеводного обмена. Для оценки состояния микроциркуляции использовали метод лазерной доплеровской флоуметрии, а также определяли концентрацию в сыворотке крови маркеров активации эндотелия и ангиогенеза методом ИФА. В результате проведенных исследований установлено, что применение лираглутида в комбинации с АТПКЛ при нарушенном углеводном обмене повышает перфузию кожи, позволяет добиться максимального снижения повышенной концентрации маркеров активации эндотелия в крови, при этом не сопровождается кумуляцией гипогликемического эффекта. Таким образом, комбинированное применение лираглутида и АТПКЛ оказывает стимулирующее влияние на микроциркуляцию.

Ключевые слова: микроциркуляция, углеводный обмен, лираглутид, тканевая биостимуляция.

EFFECT OF LIRAGLUTIDE IN COMBINATION WITH TISSUE BIOSTIMULATION ON MICROCIRCULATION IN NORMAL AND DISTURBED CARBOHYDRATE METABOLISM IN WHITE RATS

D.D. Loyko, T.V. Stepanova, A.A. Savkina

Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky; 112 B. Kazachya str., Saratov, 41012, Russia

The aim of this study was to investigate the effect of liraglutide in combination with tissue biostimulation on microcirculation in normal and disturbed carbohydrate metabolism. To achieve the goal of the study, were modeled 4 experimental groups of animals: a control group with intact animals, a comparison group – animals with carbohydrate metabolism disorders caused by the introduction of alloxan, experimental group №1 – rats who were administered liraglutide and the skin flap autografting (SFA) was performed against the background of normal indicators of carbohydrate metabolism, experimental group №2 – rats who were injected with liraglutide and performed SFA against the background of impaired carbohydrate metabolism. To assess the state of microcirculation, was used the method of laser Doppler flowmetry, and the concentration of markers of endothelial activation and angiogenesis in the blood serum was determined by the ELISA method. As a result of the conducted studies, it was found that the use of liraglutide in combination with SFA with impaired carbohydrate metabolism increases skin perfusion, allows for a maximum reduction in the increased concentration of endothelial activation markers in the blood, while not accompanied by a cumulative hypoglycemic effect. Thus, the combined use of liraglutide and SFA has a stimulating effect on microcirculation.

Key words: microcirculation, carbohydrate metabolism, liraglutide, tissue biostimulation.

**ПОРТАТИВНЫЕ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫЕ АНАЛИЗАТОРЫ В ДИАГНОСТИКЕ
МИКРОЦИРКУЛЯТОРНО-ТКАНЕВЫХ СИСТЕМ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА
В КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**Локтионова Ю.И.¹, Сидоров В.В.², Жарких Е.В.¹, Федорович А.А.^{3,4}, Дунаев А.В.¹¹ОГУ имени И.С. Тургенева; Россия, 302026 Орёл, ул. Комсомольская, 95²ООО НПП «ЛАЗМА»; Россия, 123458 Москва, ул. Твардовского, 8³ФГБУ «НМИЦ ТПМ» МЗ РФ, Россия, 101990 Москва, Петроверигский переулок, 10/3⁴ГНЦ РФ – ИМБП РАН, Россия, 123007 Москва, Хорошевское шоссе, 76 А

При попадании человека в невесомость включаются адаптационные механизмы, направленные на компенсацию перераспределения объема крови в организме. Данная работа посвящена изучению изменений микроциркуляторно-тканевых систем (МТС) в остром периоде адаптации к условиям невесомости при реальном космическом полёте с помощью портативных мультимодальных анализаторов микроциркуляции крови и окислительного метаболизма тканей. Анализаторы «ЛАЗМА-ПФ» (ООО НПП «ЛАЗМА») с беспроводной передачей данных реализуют методы лазерной доплеровской флоуметрии и флуоресцентной спектроскопии, что позволяет осуществлять комплексную диагностику МТС кожи человека. Исследования проводились при участии экипажа миссии ЭП-20 в рамках выполнения эксперимента «ЛАЗМА» на борту Международной космической станции (9 дней, начиная со вторых суток полета), а также на Земле на этапах до (9 дней) и после (5 дней) полёта. В качестве областей интереса были выбраны виски, наружная поверхность дистальных отделов предплечья, волярная поверхность дистальной фаланги третьих пальцев рук и первых пальцев ног. В пальцах ног показатель микроциркуляции крови снижается на 2-е сутки нахождения в невесомости и значительно возрастает на 5-е сутки вместе с амплитудами сердечных осцилляций, что говорит о постепенной адаптации организма в виде активации притока артериальной крови к ногам. Снижение амплитуд нейрогенных и миогенных колебаний микрокровотока в висках на 2-е сутки полёта, судя по всему, является вазоконстрикторным механизмом борьбы с увеличением объема крови в верхней половине тела. Это подтверждается увеличением амплитуд миогенных колебаний на 5-е сутки во время притока артериальной крови к пальцам ног. В коже висков также наблюдается уменьшение нормированной амплитуды флуоресценции кофермента NADH (повышение активности окислительного метаболизма) с одновременным её увеличением (снижение активности окислительного метаболизма) в пальцах ног, что связано с перераспределением объёма циркулирующей крови в верхнюю часть тела. В руках изменения параметров МТС были незначительными. Полученные знания позволят улучшить процесс подготовки людей к космическим полётам.

Ключевые слова: микроциркуляция крови, окислительный метаболизм тканей, невесомость.

**PORTABLE MULTIMODAL ANALYZERS IN THE DIAGNOSIS OF
MICROCIRCULATORY AND TISSUE SYSTEMS OF THE HUMAN BODY IN SPACE
RESEARCH**Yu.I. Loktionova¹, V.V. Sidorov², E.V. Zharkikh¹, A.V. Dunaev¹Локтионова Ю.И.¹, Сидоров В.В.², Жарких Е.В.¹, Федорович А.А.^{3,4}, Дунаев А.В.¹¹Orel State University named after I.S. Turgenev; 95 Komsomolskaya str., 302026 Orel, Russia²NPP "LAZMA"; Russia, 123458 Moscow, Tvardovsky str., 8³"NMIC TPM" Ministry of Health of the Russian Federation, Russia, 101990 Moscow, Petroverigsky Lane, 10/3⁴GNC RF – IMBP RAS, Russia, 123007 Moscow, Khoroshevskoe highway, 76 A

Abstract. The work is devoted to the study of the microcirculatory-tissue systems adaptation mechanisms to real microgravity conditions. In response to the outflow of blood in the legs, the inflow of arterial blood into the microcirculatory bed is gradually activated, while vasoconstriction of blood vessels is started in the temples to combat the increased volume of circulating blood.

Key words: blood microcirculation, oxidative tissue metabolism, microgravity.

ВОЗМОЖНОСТИ МОНИТОРИНГА МИКРОЦИРКУЛЯТОРНО-ТКАНЕВЫХ СИСТЕМ ВО ВРЕМЯ СНА С ПОМОЩЬЮ ПОРТАТИВНЫХ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ АНАЛИЗАТОРОВ

Локтионова Ю.И.¹, Жарких Е.В.¹, Паршакова В.Е.¹, Сидоров В.В.², Крупаткин А.И.³, Дунаев А.В.¹

¹ОГУ имени И.С. Тургенева; Россия, 302026 Орёл, ул. Комсомольская, 95

²ООО НПП «ЛАЗМА»; Россия, 123458 Москва, ул. Твардовского, 8

³ФГБУ НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова, г. Москва, РФ

Активное развитие современного общества, увеличение когнитивной нагрузки, повешенный уровень стресса и другие факторы приводят к широкому распространению проблем со сном, о многих из которых отсутствует информация о причинах их возникновения и эффективности симптоматического лечения. В связи с чем перспективным видится мониторинг периферического кровотока и окислительного метаболизма тканей во время сна. Целью данной работы явилось изучение возможности мониторинга микроциркуляторно-тканевых систем (МТС) организма человека во время сна. Портативные устройства «ЛАЗМА-ПФ» (ООО НПП «ЛАЗМА») реализуют лазерную доплеровскую флоуметрию и флуоресцентную спектроскопию для регистрации параметров МТС, а также осуществляют измерение температуры кожи и беспроводную передачу данных на персональный компьютер. Исследования проводились на 4 условно-здоровых добровольцах (1 М, 3 Ж) в ночное время суток (с 00:00 до 7:00 ч) во время сна в положении лёжа на спине, время каждого измерения составляло от 6 до 7 часов. Устройства «ЛАЗМА-ПФ» располагались симметрично справа и слева на тыльных сторонах запястий (5 измерений) и на ладонной поверхности проксимальных фаланг 3 пальцев рук (5 измерений). Полученные записи разбивались на фрагменты по 10 минут, для каждого из них рассчитывались средний показатель микроциркуляции крови, амплитуды колебаний кровотока, характеризующих активность механизмов регуляции микроциркуляции крови, нутритивный и шунтовой кровотоков, нормированная амплитуда флуоресценции кофермента окислительного метаболизма тканей NADH (A_{NADH}). Одновременно с регистрацией параметров МТС проводилась запись электроэнцефалограммы с помощью устройства «Нейрон-Спектр-3» (ООО «Нейрософт»). У волонтеров наблюдается индивидуальная динамика параметров МТС во время сна, однако обнаружены и общие паттерны. Так, например, соотношение нутритивного и шунтового кровотока активно изменяется всё время измерений. Также во второй половине ночи наблюдается уменьшение вклада нутритивного кровотока в общую перфузию тканей кровью и его абсолютных значений одновременно с уменьшением амплитуд миогенных осцилляций и ростом A_{NADH} . Это свидетельствует о вазоконстрикции и снижении окислительного метаболизма во время фаз быстрого сна. Таким образом, полученные результаты показывают возможность длительного мониторинга МТС организма человека во время сна для получения дополнительной диагностической информации при сомнологических расстройствах.

Ключевые слова: микроциркуляция крови, окислительный метаболизм тканей, сон.

MONITORING CAPABILITIES OF MICROCIRCULATORY AND TISSUE SYSTEMS DURING SLEEP USING PORTABLE MULTIMODAL ANALYZERS

Y.I. Loktionova¹, E.V. Zharkikh¹, V.E. Parshakova¹, V.V. Sidorov², A.I. Krupatkin³, A.V. Dunaev¹

¹Orel State University named after I.S. Turgenev; 95 Komsomolskaya str., 302026 Orel, Russia

²NPP "LAZMA"; Russia, 123458 Moscow, Tvardovsky str., 8

³N. N. Priorov Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Moscow, RF

Abstract. The paper presents the primary results of long-term monitoring of microcirculatory-tissue systems of human body during sleep using portable multimodal analyzers of blood microcirculation and oxidative tissue metabolism.

Key words: blood microcirculation, oxidative tissue metabolism, sleep.

НАРУШЕНИЕ МИКРОРЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КРОВИ ПРИ СОЦИАЛЬНО ЗНАЧИМЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ

Луговцов А.Е.¹, Ермолинский П.Б.¹, Гурфинкель Ю.И.¹, Дячук Л.И.¹, Муравьев А.В.², Приезжев А.В.¹

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия, 119991, Ленинские горы д.1, стр. 2

²Ярославский государственный педагогический университет имени К.Д. Ушинского, Ярославль, Россия, 150000, ул. Республиканская, д.108/1

Микрореологические параметры (МП) эритроцитов сильно влияют на текучесть крови и, следовательно, на микроциркуляцию крови и общее состояние организма человека в целом. К этим параметрам эритроцитов относятся характеристики обратимой агрегации и деформации эритроцитов в сдвиговом потоке, а также параметры агрегации тромбоцитов. Наличие таких социально значимых заболеваний, как артериальная гипертензия, сахарный диабет и постковидный синдром, может изменять МП.

Работа направлена на исследование изменений агрегации эритроцитов, их деформируемости, агрегации тромбоцитов, скорости капиллярного кровотока при указанных выше патологиях. Для измерения МП *in vitro* использовались методы лазерной дифрактометрии и агрегометрии, турбидиметрии, оптического пинцета. Для оценки скорости капиллярного кровотока *in vivo* использовался метод цифровой капилляроскопии.

Результаты большой серии измерений на группе здоровых добровольцев и нескольких группах пациентов, страдающих артериальной гипертензией, сахарным диабетом 2-го типа и постковидным синдромом свидетельствуют о значительном нарушении МП. В частности в группе пациентов с артериальной гипертензией и средним возрастом пациентов 72 ± 15 лет наблюдалось усиление агрегации эритроцитов на $14 \pm 4\%$ и тромбоцитов на $38 \pm 6\%$, увеличение силы взаимодействия клеток на $103 \pm 17\%$, ослабление деформируемости эритроцитов на $11 \pm 5\%$. Выявлены статистически значимые нарушения скорости капиллярного кровотока (1232 ± 340 мкм/с в норме и 541 ± 294 мкм/с) и изменения агрегатного состояния эритроцитов в капиллярах. Было показано, что изменения параметров, измеренных *in vivo* и *in vitro* коррелируют между собой. Показано хорошее согласие результатов, полученных разными методами, и возможность их использования для диагностики нарушений реологических свойств крови при патологиях.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 22-15-00120).

Ключевые слова: деформируемость эритроцитов, агрегация эритроцитов и тромбоцитов, артериальная гипертензия, сахарный диабет, постковидный синдром.

DISORDERS OF BLOOD MICRORHEOLOGICAL PARAMETERS IN SOCIALLY IMPORTANT DISEASES

Lugovtsov A.E.¹, Ermolinskiy P.B.¹, Gurfinkel Yu.I.¹, Dyachuk L.I.¹, Muravyov A.V.², Priezzhev A.V.¹

¹ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, 119991, Leninskie Gory, 1, p. 2

² Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky, Yaroslavl, Russia, 150000, Republikanskaya str., 108/1

Abstract. Impairment of red blood cells deformability and capillary blood velocity, enhancement of erythrocyte and platelets aggregation parameters is demonstrated in arterial hypertension, diabetes mellitus and post covid syndrome. All measurements we performed *in vitro* by laser diffractometry and aggregometry, turbidimetry, optical tweezers and *in vivo* by digital capillaroscopy. Good agreement between the results obtained by different methods is shown.

Key words: deformability of erythrocytes, erythrocytes and platelets aggregation, arterial hypertension, diabetes mellitus, post-covid syndrome.

МЕТОДИКА ПОИСКА И УДЕРЖАНИЯ СОСУДА В ФОКУСЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДАТЧИКА

Макарова А.В., Ивлев Д.А., Гурия Г.Т.
ФГБУ «НМИЦ гематологии» Минздрава РФ

Тромботические осложнения могут развиваться быстро, за времена порядка минут. Ультразвуковые (УЗ) методы исследования потенциально пригодны для длительного неинвазивного мониторинга состояния системы свертывания крови. Они, однако, требуют непосредственного участия врача, наводящего датчик на целевой сосуд, который смещается по мере естественных движений тела. Настоящая работа посвящена разработке метода автоматического удержания сосуда в фокусе УЗ датчика. Был собран экспериментальный стенд, в котором кровоток создавался в контуре из силиконовых трубок, а смещения сосуда имитировались за счет платформы смещения. Была разработана программа для управления роботизированным манипулятором, в котором был закреплен УЗ датчик. Датчик смещался им по определенному алгоритму с тем, чтобы найти «потерянный» сосуд. Были испытаны ряд алгоритмов поиска, включая один учитывающий изменение сигнала для коррекции стратегии по ходу поиска. Алгоритмы апробировались на смещениях по вертикальной и горизонтальной осям, перпендикулярным оси сосуда. Смещение осуществлялось не более, чем на 1.5 диаметра целевого сосуда (6 мм). Был выявлен значительный разброс времен нахождения сосуда между алгоритмами в зависимости от выбранного направления и величины смещения сосуда. Определены наиболее быстрые и устойчивые алгоритмы. Испытания будут продолжены с тем, чтобы сократить время нахождения сосуда и сделать алгоритм поиска более устойчивым к направлению смещения сосуда. Для повышения точности нахождения целевого сосуда планируется испытать конструкцию из нескольких УЗ датчиков.

Ключевые слова: ультразвук, доплер, интенсивный кровоток, удержание сосуда, системы слежения, обратная связь, автоматический манипулятор.

THE ULTRASONIC APPROACH FOR TARGET VESSEL STABILISATION

A.V. Makarova, D.A. Ivlev, G.Th. Guria
National Research Center for Hematology

Ultrasonic (US) methods are suitable for noninvasive real-time blood coagulation monitoring, but the MD operator is required. The capabilities of a novel Doppler approach for automatic target vessel stabilization in the US sensor focus were investigated. The experiments were performed in a specially designed experimental *in vitro* system. Blood stream was modelled by means the silicon tubes and peristaltic pump. The vessel shifts were modelled with coordinate table. The US sensor spatial position was algorithmically controlled by the automatic manipulator. Original software for automatic manipulator and signal processing was developed. A number of search algorithms were tested on vertical and horizontal shifts along the axes perpendicular to the vessel. Shifts amplitude was no more than 1.5 target vessel diameters (6 mm). It was shown that vessel location time for some algorithms is strongly dependent on shift amplitude and direction. The fastest and most stable algorithms were determined.

Keywords: ultrasound, Doppler, intensive blood flow, vessel stabilization, tracking systems, feedback, automatic manipulator.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭРИТРОЦИТОВ И КЛЕТОК ЭНДОТЕЛИЯ С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНОГО ПИНЦЕТАМаксимов М.К.¹, Ермолинский П.Б.¹, Щегловитова О.Н.², Луговцов А.Е.¹, Приезжев А.В.¹¹МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия, 119991, Ленинские горы д.1, стр. 2²НИЦЭМ имени Н.Ф. Гамалеи, Москва, Россия, 123098, ул. Гамалеи, д.18

Эритроциты способны адгезировать к эндотелию, выстилающему стенки кровеносных сосудов. При некоторых заболеваниях (серповидно-клеточная анемия, малярия и др.) данное явление приводит к патологическим состояниям вплоть до закупорки капилляров. Изучение механизмов адгезии и её количественная характеристика без повреждающего объекта механического воздействия с исследуемыми клетками представляет особый интерес и новизну. В данной работе с помощью захвата и манипулирования одиночными клетками лазерным пинцетом в микрокувете *in vitro* измерялась сила взаимодействия эритроцитов с монослоем эндотелиоцитов в различных средах. В первой серии экспериментов в качестве среды использовался раствор бычьего фибриногена в сыворотке в различных концентрациях, во второй серии экспериментов – плазма (антикоагулянт гепарин лития) с добавлением аминокислоты L-аргинина в различных концентрациях. Сила взаимодействия эритроцита и эндотелиальных клеток определяется как минимальная сила, необходимая для свободного перемещения эритроцита по поверхности монослоя клеток. Были получены данные, свидетельствующие об увеличении силы взаимодействия эритроцитов и эндотелия с увеличением концентрации фибриногена в среде и о последующем выходе данной силы на насыщение. С увеличением концентрации L-аргинина в среде установлено небольшое снижение силы взаимодействия. Численно силы взаимодействия составили от 1 до 4 пН.

Ключевые слова: эритроциты, эндотелий, фибриноген, L-аргинин, лазерный пинцет.

Исследование было выполнено при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 23-45-00027

STUDY OF RBC AND ENDOTHELIUM CELLS INTERACTION USING LASER TWEEZERSMaksimov M.K.¹, Ermolinskiy P.B.¹, Scheglovitova O.N.², Lugovtsov A.E.¹, Priezzhev A.V.¹¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, 119991, Leninskie Gory, 1, p. 2²NITSEM named after N.F. Gamalei, Moscow, Russia, 123098, Gamalei str., 18

Abstract. Red blood cells (RBC) are capable of adhesion to endothelial cells that cover blood vessels walls. In this work, interaction between RBC and endothelial cells monolayer was studied *in vitro* using laser tweezers technology. It was shown that the adhesion force increases with an increase in fibrinogen concentration.

Key words: red blood cells, endothelial cells, fibrinogen, L-arginine, laser tweezers.

ПРЕИМУЩЕСТВА ДИАГНОСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ФУНКЦИИ ЭНДОТЕЛИЯ НА УРОВНЕ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ В СРАВНЕНИИ С МЕТОДОМ ПОТОК-ЗАВИСИМОЙ ВАЗОДИЛАТАЦИИ ПЛЕЧЕВОЙ АРТЕРИИ

Малахова З.Л., Симаненкова А.В., Лозовская О.А., Власов Т.Д.

197022, Российская Федерация, ПСПбГМУ им. акад. И.П.Павлова, г. Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6-8.

Статья посвящена сравнительной оценке точности ультразвуковых методик для выявления дисфункции эндотелия у пациентов старшего возраста. Дисфункция эндотелия (ДЭ) это начальный этап многих заболеваний, поэтому диагностика этого состояния на доклинической стадии имеет важное клиническое значение. Мы исследовали 2 ультразвуковые методики изучающие дисфункцию эндотелия: исследование диаметра плечевой артерии в ответ на окклюзионную пробу и исследование кровотока МЦР также в ответ на окклюзионную пробу. Исследовали 2 группы пациентов сопоставимых по возрасту – пациенты с заведомо прогнозируемой ДЭ (СД) и контрольная группа. Статистическая обработка материала выполнена с применением программы «Statistica 6.0». Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$. Для статистического анализа были использованы возможности ROC-анализа. По результатам нашего исследования стало очевидно, что исследование потокзависимой вазодилатации плечевой артерии недостаточно точная и плохо воспроизводимая методика, тогда как исследование кровотока МЦР при окклюзионной пробе значительно точнее и воспроизводимей. С помощью построения кривых полученных в ROC-анализе, мы установили значения потокзависимой вазодилатации на уровне МЦР, характерные для здоровых людей, что позволяет более точно диагностировать ДЭ у пациентов.

Ключевые слова: эндотелиальная дисфункция, дисфункция эндотелия, ультразвуковая диагностика, микроциркуляция.

ADVANTAGES OF DIAGNOSTIC METHODS FOR ASSESSING ENDOTHELIAL FUNCTION AT THE MICROCIRCULATION LEVEL IN COMPARISON WITH THE METHOD OF FLOW-DEPENDENT VASODILATION OF THE BRACHIAL ARTERY

Z.L. Malakhova, A.V. Simanenkova, O.A. Lozovskaya, T.D. Vlasov

197022, Russian Federation, PSPbGMU named after Academician I.P. Pavlov, St. Petersburg, Leo Tolstoy str., 6-8.

The article is devoted to a comparative assessment of the accuracy of US techniques for detecting endothelial dysfunction (ED) in older patients. We investigated 2 techniques studying ED: a brachial artery diameter study in response to an occlusive test and microcirculation blood flow study also in response to an occlusive test. We studied 2 groups of patients of comparable age – patients with obviously predicted endothelial dysfunction and a control group. Statistical processing of the material was performed using the program "Statistica 6.0". The differences were considered statistically significant at $p < 0.05$. For statistical analysis, the capabilities of ROC analysis. According to the results of our study, it became obvious that the study of flow-dependent vasodilation of the brachial artery is not an accurate and poorly reproducible technique, whereas the study of the blood flow of microcirculation with an occlusive test is much more accurate and reproducible. We established the values of flow-dependent vasodilation at the microcirculation level, characteristic of healthy people, which makes it possible to more accurately diagnose ED in patients.

Keywords: endothelial dysfunction, sonography, microcirculation.

СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМЫ ОБЛИТЕРИРУЮЩЕГО ТРОМБАНГИИТА

Масина И.В., Емануйлова Н.В., Замышляев А.В., Четвертакова Ж.Е.

ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России, Россия, г. Ярославль, ул. Революционная, 5, 150000

Введение. В отечественной ревматологии облитерирующий тромбангиит (ОТА) традиционно рассматривается в группе системных васкулитов и определяется как системное не атеросклеротическое сосудистое заболевание, в основе которого лежит генерализованный панваскулит с тромбозом сосудов среднего и мелкого калибра, как артерий, так и вен.

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

Обсуждение. До настоящего времени дискутируется вопрос о принадлежности ОТА к системным васкулитам. В настоящее время ревматические болезни рассматриваются как иммуновоспалительные заболевания (ИВЗ), которые подразделяются в зависимости от преобладающих механизмов активации иммунитета на аутоиммунные заболевания (АИЗ) и аутовоспалительные заболевания (АВЗ). Полученные нами данные свидетельствуют о наличии воспалительного процесса в сосудистой стенке при ОТА, что подтверждается результатами морфологического исследования, хотя и более локального, чем при других формах СВ, наличием депозитов иммунных комплексов в сосудистой стенке, а также повышением у некоторых больных маркера иммунного воспаления. В то же время привлекает внимание отсутствие специфических диагностических тестов и позитивных серологических маркеров, характерных для определенных нозологических форм СВ.

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 были 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: отмечено, что спектр трактовок облитерирующего тромбангиита изменился с начала 21 века. Заболевание требует мультидисциплинарного подхода как в плане диагностики, так и уточнения нозологической принадлежности, патогенеза и назначения патогенетической терапии.

Ключевые слова: облитерирующий тромбангиит, критерии диагностики, серологические маркеры, ультразвуковая доплерография сосудов.

MODERN ASPECTS OF THE PROBLEM OF THROMBANGIITIS OBLITER

Masina I.V., Manuilova N.V., Zamyshlyayev A.A., Chetvertakova Zh.E.

Yaroslavl State Medical University of the Ministry of Health of Russia, Yaroslavl, Russia, Revolutsionnaya str., 5, 150000

In domestic rheumatology, thromboangiitis obliterans (OTA) is traditionally considered in the group of systemic vasculitis and is defined as a systemic non-atherosclerotic vascular disease, which is based on generalized panvasculitis with thrombosis of medium and small vessels, both arteries and veins. Noted that the range of interpretations of thromboangiitis obliterans has changed since the beginning of the 21st century. The disease requires a multidisciplinary approach both in terms of diagnosis and clarification of the nosological affiliation, pathogenesis and the appointment of pathogenetic therapy.

Key words: thromboangiitis obliterans, diagnostic criteria, serological markers, vascular Doppler ultrasound.

НАСЛЕДСТВЕННЫЕ ТРОМБОФИЛИИ

Матвиенко О.Ю.

ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт гематологии и трансфузиологии Федерального медико-биологического агентства России»; Россия, 191024 Санкт-Петербург, ул. 2-я Советская, 16

Термин наследственная тромбофилия используется для обозначения наследственных (врожденных) дефектов в системе гемостаза, которые потенцируют состояние гиперкоагуляции с тенденцией к развитию венозных тромботических осложнений (ВТЭО). Тромбоз – клиническое событие, развивающееся в результате взаимодействия различных факторов риска, в том числе и генетических. К наследственной тромбофилии с потерей функциональной активности естественных антикоагулянтов относится дефицит антитромбина, протеина С, протеина S. К наследственной тромбофилии с усилением функциональной активности белка коагуляции относится мутация в гене фактора V (FV Лейден) и мутация G20210> A в гене протромбина (фактор II). Гомозиготное носительство мутаций естественных антикоагулянтов, как правило, не совместимо с жизнью и приводит к антенатальной гибели плода или гибели новорожденного. К тромбофилиям низкого риска относятся гетерозиготные мутации в генах факторов V и II, до 30 % носителей мутаций являются асимптомными. Дефицит естественных антикоагулянтов, гомозиготные мутации в генах факторов V и II, а также сочетание гетерозиготных мутаций данных факторов являются тромбофилиями высокого риска. Тестирование на тромбофилию показано при тромбозе глубоких вен в сравнительно молодом возрасте (<45 лет) без явных провоцирующих стимулов; тромбозе необычной локализации; рецидивирующем тромбозе; семейной истории ВТЭО, тромбозе в связи с беременностью, приемом комбинированных оральных контрацептивов (КОК), гормонозаместительной терапии (ГЗТ); тромбозе у новорожденных; некрозе кожи при лечении кумарином. Обследование на тромбофилию не рекомендовано проводить во время тромботического события, так как результаты могут быть недостоверными, и они не влияют на начальную терапию. Женщины фертильного возраста обследуются вне беременности, так как физиологическая гиперкоагуляция может сказаться на результатах исследований. Выявление тромбофилии может иметь значение для прогнозирования риска рецидива после прекращения антикоагулянтной терапии и определения ее продолжительности; обеспечения консультации асимптомных родственников лиц с наследственной тромбофилией; консультации женщин относительно риска тромбоза во время беременности, приема КОК/ГЗТ.

Заключение: тромбофилия - состояние, а не заболевание; ВТЭО возникает при сочетании факторов риска как врожденных, так и приобретенных; тестирование на тромбофилию проводится в определенных группах риска; наследственная тромбофилия в большинстве случаев не является руководством при лечении ВТЭО; результаты тестирования тромбофилии влияют на клиническое ведение пациентов и продолжительность антикоагулянтной терапии в отдельных случаях, должен быть персонафицированный подход.

Ключевые слова: тромбофилия, мутация, тромбоз, дефицит антикоагулянтов

HEREDITARY THROMBOPHILIA

Matvienko O.U.

"Russian Research Institute of Hematology and Transfusiology of the Federal Medical and Biological Agency of Russia"; Russia, 191024 St. Petersburg, 2nd Sovetskaya str., 16

Abstract: Thrombophilia is hereditary defect in the hemostasis system that contribute to the development of hypercoagulation and may be accompanied by venous thromboembolic complications. Hereditary thrombophilia is mutation G20210A in the factor II gene, mutation G1691A in the factor V gene, deficiency of antithrombin, protein S and protein C.

Key words: thrombophilia, mutation, thrombosis, anticoagulant deficiency.

МЕТОДЫ ЛАЗЕРНОЙ ДОППЛЕРОВСКОЙ ФЛОУМЕТРИИ И ДОППЛЕРОВСКОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИЗМЕРЕНИЯ КРОВОТОКА ВО ВРЕМЯ ПРОЦЕДУРЫ ПРЕРЫВИСТОЙ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ КОМПРЕССИИМашков К.В.¹, Усанов А.Д.¹, Чаббаров Р.Г.², Скрипаль А.В.¹¹СГУ им. Н.Г. Чернышевского,²ООО «Омега клиник», Саратов, Россия

Представлены результаты анализа микроциркуляции кровотока пальца стопы и ультразвукового доплеровского измерения кровотока в бедренной артерии во время процедуры прерывистой пневматической компрессии (ППК). Измерение показаний микроциркуляции с помощью лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) является одним из неинвазивных методов оценки влияния ППК на гемодинамику в сосудах конечностей человека. Дополнительным методом анализа является совмещение во времени параметров ЛДФ и данных ультразвуковых доплерограмм артериальных сосудов во время и после процедуры прессотерапии. В исследовании участвовала группа из 11 испытуемых без выявленных сосудистых нарушений, возраст участников группы составлял от 23 до 42 лет. Для процедуры ППК использовался профессиональный аппарат "Doctor Life Mark 400" (Южная Корея). Микроциркуляцию измеряли с помощью портативного прибора "ЛАЗМА ПФ" (Россия). Ультразвуковые доплерограммы были получены с помощью прибора "Edan U50" (Китай) в импульсном доплеровском режиме, для которых использовался метод расчета средней скорости и объема кровотока за период сердечного цикла. Оценивали артериальное сопротивление, которое сравнивали с динамикой перфузии в конечности. В исследованиях примерно у половины испытуемых наблюдалось увеличение перфузии микроциркуляторного русла и снижение резистентности артериальных сосудов. Из проведенных измерений следует, что для оценки изменения тонуса сосудистой системы требуется продолжительный временной участок ЛДФ-граммы. Для непрерывной оценки характера кровотока в микроциркуляторном русле (за период одного кардиоцикла) предпочтительным оказывается использование ультразвуковых доплерограмм, по изменению параметров которых можно оценить изменения тонуса и резистентности сосудистой системы.

Ключевые слова: лазерная доплеровская флоуметрия, ультразвуковая доплерография, объемный кровоток, микроциркуляторное русло, прерывистая пневматическая компрессия

METHODS OF LASER DOPPLER FLOWMETRY AND DOPPLER ULTRASOUND MEASUREMENT OF BLOOD FLOW DURING INTERMITTENT PNEUMATIC COMPRESSION PROCEDUREK.V. Mashkov¹, A.D. Usanov¹, R.G. Chabbarov², A.V. Skripal¹¹N.G. Chernyshevsky SSU,²"Omega Clinic", Saratov, Russia

Abstract. The results of the analysis of microcirculation of the blood flow of the toe and ultrasound Doppler measurement of blood flow in the femoral artery during the intermittent pneumatic compression procedure are presented. The study involved a group of 11 subjects without identified vascular disorders, the age of the group was from 23 to 42 years. The method of calculating the average speed and volume of blood flow over the period of the cardiac cycle was used for ultrasound Dopplerograms. Arterial resistance was evaluated, which was compared with the dynamics of perfusion in the limb. In the studies, approximately half of the test subjects had an increase in perfusion of the microcirculatory bed and a decrease in resistance of arterial vessels.

Keywords: laser Doppler flowmetry, ultrasound Dopplerography, volumetric blood flow, microcirculatory bed, intermittent pneumatic compression.

КОМПЕНСАТОРНОЕ ВЛИЯНИЕ ГИПОТЕРМИИ НА МИКРОСОСУДЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА В УСЛОВИЯХ УМЕРЕННОЙ ГЕМОРРАГИИ У КРЫС

Мельникова Н.Н.

Институт физиологии им.И.П.Павлова РАН, Россия, 199034 Санкт-Петербург, наб. Макарова, 6

Нарушения кровообращения на микроциркуляторном уровне, возникающие при острой кровопотере, возможно, могут быть частично нивелированы гипотермическим воздействием. Экспериментальные исследования влияния системной гипотермии на микроциркуляцию при тяжелом геморрагическом шоке показали, что, хотя геморрагия вызывает серьезные нарушения микроциркуляции в различных органах, но последующее гипотермическое воздействие улучшает их микроциркуляторное кровоснабжение. В данной работе изучение воздействия легкой гипотермии при предварительно вызванной кровопотере средней степени на пилальные микрососуды проводили на наркотизированных крысах линии Вистар с помощью методики прижизненного микроскопирования. Животные 1-й группы охлаждались до показателей ректальной температуры 34°C , затем температура поддерживалась на этом уровне на протяжении 3,5 ч эксперимента. Во 2-й группе моделировали кровопотерю из расчета 20 % от ОЦК, в дальнейшем животное находилось при комнатной температуре. Животных 3-й группы после предварительной кровопотери охлаждали в воздушной среде до 34°C . Результаты исследования показали, что экспозиция легкой гипотермии в течение 3,5 ч не приводила к существенным отличиям САД, ЧСС и ЧД на заключительном этапе, однако сопровождалась вазоконстрикцией у животных всех исследуемых групп. При продолжающемся гипотермическом состоянии организма (1-я группа) наблюдалось первоначальное уменьшение диаметра на 9 % от уровня фона, а затем его восстановление через 2 ч. Во 2-й группе диаметр церебральных микрососудов уменьшался на протяжении первого часа на 20-25 % без дальнейшего восстановления. Вазоконстрикция у животных 3-й группы за первые 45 мин наблюдений составила 8-10 % с последующим уменьшением. Сделан вывод, что использование легкой гипотермии приводило к существенному сокращению вазоконстрикторного влияния умеренной кровопотери на пилальные микрососуды.

Ключевые слова: гипотермия, кровопотеря, церебральные микрососуды, крыса.

COMPENSATIVE EFFECT OF HYPOTHERMIA ON CEREBRAL MICROVESSELS UNDER CONDITIONS OF MODERATE HEMORRHAGIA IN RATS

N.N. Melnikova

I.P.Pavlov Institute of Physiology of the Russian Academy of Sciences, Russia, 199034 St. Petersburg, nab. Makarova, 6

Abstract. Intravital microscopy was used to study the effect of mild hypothermia (rectal temperature of rats 34°C) with previously induced moderate blood loss by 20 % on pial microvessels of anesthetized Wistar rats. Vasoconstriction was mainly observed: during hypothermia – a decrease in diameters by 9 % from the initial level with recovery after 2 hours, during blood withdrawing – a decrease in diameters by 20-25 % without further recovery, with a combined use of blood loss and hypothermia – vasoconstriction by 8-10 % with subsequent reduction. The use of mild hypothermia led to a significant decrease in the vasoconstrictive effect of blood loss on pial microvessels.

Key words: hypothermia, blood loss, cerebral microvessels, rat.

ВЛИЯНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ (НИЛИ) НА МИКРОЦИРКУЛЯЦИЮ И ОБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ СПОРТСМЕНОВ

Менькова Н.С., Масальцева Л.В.

Смоленский государственный университет спорта

В работе изложены результаты реактивности системы микроциркуляции в ответ на однократное и курсовое влияние низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ). Работа выполнена на футболистах массовых разрядов. В состоянии покоя проводили две серии облучения крупных сосудов сонного шейного треугольника (полупроводниковый лазер мощностью на выходе 3,8 Вт, частота 1500 Гц, экспозиция облучения 4 минуты) аппаратом «УЗОР-ЗКС» (ПКП БИНОМ, г. Калуга). В первой серии проводили однократное воздействие НИЛИ, во второй - курсовое продолжительностью 7 дней. Состояние микроциркуляции оценивали методом лазерной доплеровской флоуметрии в сочетании с лазерной флуоресцентной спектроскопией на аппарате ЛАЗМА СТ (ООО НПП «ЛАЗМА», Москва, Россия). Продолжительность записи 8 минут. Оптический зонд устанавливали на волярной поверхности 4 пальца кисти справа. Рассчитывали общепринятые показатели: параметр микроциркуляции (ПМ) в перфузионных единицах (п.е.), нутритивный кровоток (Мнутр. (п.е.)), амплитуду миогенных колебаний (Ам) (п.е.), амплитуда коферментов Анадн и Афад (усл. ед.). Полученный материал обработан статистически с нахождением средней взвешенной величины (М) и ошибки средней величины (m). За уровень статистически значимых различий принимали изменения при $p < 0,05$. Показано, что после однократного воздействия НИЛИ величина ПМ снижается на 32%, а Мнутр. - на 28% ($p < 0,05$). Снижение микрокровотока обусловлено повышением тонуса прекапиллярных сфинктеров с понижением Ам на 36% ($p < 0,05$). Уровень обменных процессов снижается, о чем свидетельствует повышение Анадн в 3,1 раза, Афад в 1,6 раза. Повышение амплитуды НАДН отражает снижение окислительного метаболизма в клетках. После курсового воздействия НИЛИ уровень перфузии восстанавливается до исходного уровня, а показатель Мнутр. повышается в 2 раза ($p < 0,05$). В основе лежит снижение на 71% миогенного тонуса ($p < 0,05$). Усиление капиллярного кровотока увязывается с повышением активности коферментов с понижением Анадн на 69% ($p < 0,05$), а Афад - на 148% ($p < 0,05$). Таким образом, реактивность системы микроциркуляции значительно изменяется при курсовом воздействии НИЛИ.

Ключевые слова: микроциркуляция, лазерное воздействие, окислительный метаболизм.

INFLUENCE OF LILR ON MICROCIRCULATION AND METABOLIC PROCESSES OF ATHLETES

Menkova N.S., Masaltseva L.V.

Smolensk State University of Sports

The paper presents the results of the reactivity of the microcirculation system in response to a single and course effect of low-intensity laser radiation (LILR). The work was done on football players of mass categories. At rest, two series of irradiation were carried out (specify the area of exposure, intensity of irradiation, duration) by the device (make/model, production). The obtained material was processed statistically with finding the weighted average value (M) and the error of the average value (m). Changes at $p < 0.05$ were taken as the level of statistically significant differences. It is shown that after a single exposure to LILR, the PM value decreases by 32%, and the Mnutr. - by 28% ($p < 0.05$). The decrease in microcirculation is due to an increase in the tone of precapillary sphincters with a decrease in Am by 36% ($p < 0.05$). The level of metabolic processes decreases, as evidenced by an increase in Anadh by 3.1 times, Afad by 1.6 times. An increase in the amplitude of NADH reflects a decrease in oxidative metabolism in cells. After the course exposure of the LILR, the perfusion level is restored to the initial level, and the Mnutr indicator. increases by 2 times ($p < 0.05$). It is based on a 71% decrease in myogenic tone ($p < 0.05$). An increase in capillary blood flow is associated with an increase in the activity of coenzymes with a decrease in Anadh by 69% ($p < 0.05$), and Afad - by 148% ($p < 0.05$). Thus, the reactivity of the microcirculation system significantly changes with the course effect of the LILR.

ПОСТОККЛЮЗИОННАЯ РЕАКТИВНАЯ ГИПЕРЕМИЯ У ЛИЦ С РАЗНОЙ ВЕЛИЧИНОЙ МАКСИМАЛЬНОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ КИСЛОРОДА

Михайлов П.В., Остроумов Р.С., Осетров И.А., Катаева А.А.

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

Величина максимального потребления кислорода (МПК) является интегральным показателем и в значительной мере определяется резервными возможностями системы кровообращения, которые могут быть достигнуты при высокоинтенсивной физической нагрузке. Иногда для оценки резервов тканевого кровотока используют локальные функциональные пробы, такие как окклюзионная, тепловая, ионофоретическая и др. Однако не всегда локальные воздействия со стандартной функциональной нагрузкой позволяют оценить максимальный диапазон адаптационных реакций. **Цель:** сравнение реакций кожных сосудов на дозированную окклюзию у лиц с разной величиной МПК.

Методы исследования. В исследовании приняли участие мужчины-добровольцы в возрасте 20-30 лет. На основе показателя МПК, который определяли с использованием прямого газоанализа, 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. Микрососудистую перфузию определяли методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) на портативном анализаторе «ЛАЗМА ПФ». В процессе записи ЛДФ-граммы проводили окклюзионную пробу, путем пережатия на 3 минуты участка плеча манжетой тонометра.

Результаты. Наиболее выраженный прирост перфузии в процессе развития постокклюзионной реактивной гиперемии был зарегистрирован в группе 1 (180%), в группе 2 он был равен 130%, в группе 3 был наименьший и составил 117% ($p < 0,05$, критерий Краскела-Уоллиса).

Выводы. У лиц с большей величиной МПК постокклюзионная реактивная гиперемия была менее выражена, чем у лиц с низким аэробным потенциалом. Полученные данные могут быть связаны с проявлением экономизации срочных реакций у первых и менее генерализованных ответах на локальные, дозированные функциональные нагрузки. В этом случае достигнутый диапазон сосудистых реакций у лиц с большей величиной МПК может не отражать имеющиеся резервы тканевого кровотока.

POST-OCCLUSIVE REACTIVE HYPEREMIA IN INDIVIDUALS WITH DIFFERENT VALUES OF MAXIMUM OXYGEN CONSUMPTION

P.V. Mikhailov, R.S. Ostroumov, I.A. Osetrov, A.A. Kataeva

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

Purpose: comparison of reactions of skin vessels to dosed occlusion in individuals with different VO_2 max values.

Methods. The study involved male volunteers aged 20-30 years. Based on the VO_2 max indicator, which was determined using direct gas analysis, three observation groups were formed: group 1 – 30-40 ml/min/kg, group 2 – 41-50 ml/min/kg and group 3 – 51-60 ml/min/kg. Microvascular perfusion was determined by laser Doppler flowmetry (LDF). In the process of recording the LDF gram, an occlusive test was performed by squeezing the shoulder area with a tonometer cuff for 3 minutes.

Results. The most pronounced increase in perfusion during the development of post-occlusive reactive hyperemia was registered in group 1 (180%), in group 2 it was 130%, in group 3 it was the smallest and amounted to 117% ($p < 0,05$, Kraskel-Wallis).

Conclusion. Postocclusive reactive hyperemia was less pronounced in individuals with higher VO_2 max than in individuals with low aerobic potential. The data obtained may be associated with the manifestation of economization of urgent reactions in the first and less generalized responses to metered functional loads. In this case, the achieved range of vascular reactions in individuals with a higher VO_2 max value may not reflect the available reserves of tissue blood flow.

ИЗМЕНЕНИЯ В МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОМ РУСЛЕ КОНЪЮНКТИВЫ ГЛАЗА И СОСТОЯНИЕ СЕТЧАТКИ В ДИНАМИКЕ ФОРМИРОВАНИЯ СТРЕПТОЗОТОЦИНИНДУЦИРОВАННОГО САХАРНОГО ДИАБЕТА

¹Молотков О.А., ¹Трифаненкова И.Г., ²Халепо О.В., ²Москаль Д.А., ²Зубарева В.Р.

¹Калужский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Фёдорова» Минздрава России, Россия, 248007 Калуга, ул. Святослава Фёдорова, 5;

²Смоленский государственный медицинский университет, Россия, 214019 Смоленск, ул. Крупской, 28

Выявление комплекса микроциркуляторных расстройств в конъюнктиве и сетчатке на начальных стадиях сахарного диабета I типа может позволить своевременно их корректировать, доказательно оценивать эффективность терапии и мер профилактики, однако вопрос о последовательности формирования предикторов поражения регионарного кровообращения глаза остается изученным не до конца. У лабораторных крыс методом лазерной доплеровской флоуметрии изучали микроциркуляцию в конъюнктиве глаза, а методом оптической когерентной томографии оценивали состояние сетчатки, после чего животные были разделены на 2 группы. Крысам 1 группы моделировали стрептозотоцининдуцированный сахарный диабет, а животным 2 группы вводили физиологический раствор. Состояние микроциркуляции в конъюнктиве глаза и механизмы ее регуляции не различались у животных двух групп, что свидетельствует о ее стабильности, и способности какое-то время компенсировать нарушения и поддерживать тканевой гомеостаз. У животных 1 группы на 7 сутки обнаружены признаки поражения сетчатки: снижение ее толщины на фоне признаков ишемии, уплотнение внутренней пограничной мембраны, появление фокусов твердого экссудата, которые усугублялись в до 35 суток наблюдения. Таким образом, признаки поражения сетчатки (уменьшение ее толщины на фоне ишемии) при снижении линейной и объемной скорости кровотока в орбитальной артерии и угнетении тканевого метаболизма, выявленные у крыс со стрептозотоцининдуцированным диабетом в предыдущих работах, могут служить скрининговыми критериями диабетических ангиопатий, которые можно рекомендовать к использованию в клинической практике.

Ключевые слова: стрептозотоцининдуцированный сахарный диабет, лазерная доплеровская флоуметрия, оптическая когерентная томография, микроциркуляция конъюнктивы, сетчатка глаза

CHANGES IN THE MICROCIRCULATORY CHANNEL OF THE EYE CONJUNCTIVE AND THE STATE OF THE RETINA IN THE DYNAMICS OF THE FORMATION OF STREPTOSOTOCYIN-INDUCED DIABETES MELLITUS

O.A. Molotkov¹, I.G. Trifanenkova¹, O.V. Khalepo², D.A. Moskal², V.R. Zubareva²

¹ Kaluzhsky branch of FSAU NMIC "MNTC "Eye Microsurgery" named after Academician S.N. Fedorov" Ministry of Health of Russia, Russia, 248007 Kaluga, Svyatoslav Fedorov str., 5;

² Smolensk State Medical University, Russia, 214019 Smolensk, Krupskaya str., 28

Abstract. Detection of microcirculatory disorders in the conjunctiva and retina at the initial stages of type 1 diabetes mellitus may allow for their correction and evaluation of the effectiveness of therapy. Microcirculation in the conjunctiva of the eye was studied in white outbred rats by laser Doppler flowmetry, and the state of the retina was assessed by optical coherence tomography. The state of microcirculation in the conjunctiva of the eye and the mechanisms of its regulation did not differ in animals with streptozotocin-induced diabetes mellitus and in control animals in the course of observation and the first signs of retinal damage were detected in experimental animals on the 7th day. A decrease in the thickness of the retina against the background of ischemia with a decrease in the linear and volumetric blood flow rate in the orbital artery and inhibition of tissue metabolism, identified in our previous studies in rats with streptozotocin-induced diabetes, can act as screening criteria for the development of diabetic angiopathy.

Keywords: streptozotocin-induced diabetes mellitus, laser Doppler flowmetry, optical coherence tomography, conjunctival microcirculation, retina.

МИКРОРЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОТВЕТЫ ЭРИТРОЦИТОВ НА ОКСИД АЗОТА И СЕРОВОДОРОДМуравьев А.В.¹, Тихомирова И.А.¹, Петроченко Е.П.¹, Приезжев А.В.², Луговцов А.Е.²¹ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет имени К.Д. Ушинского»; Россия, 150000 Ярославль, ул. Республиканская, 108/1;²ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Россия, 119234 Москва, Ленинские горы, 1

Эритроциты изменяют свои микрореологические свойства, такие как деформируемость (ДЭ) и агрегация (АЭ), выполняя транспортные задачи. Это происходит, в том числе, под влиянием газотрансмиттеров (ГТ). Целью исследования было изучение микрореологических ответов эритроцитов на ГТ. В группе здоровых лиц (n=15) и у больных артериальной гипертензией (ГБ, n=19) регистрировали ДЭ и АЭ эритроцитов после их инкубации с нитропруссидом натрия (НПН, 100 мкМ), гидросульфидом натрия (NaHS, 100 мкМ), субстратом NO-синтазы L-аргинином (LA, 50 мкМ) отдельно и при одновременном их применении. Готовили тени эритроцитов и оценивали изменение их ДЭ под влиянием НПН, NaHS и LA. Под влиянием НПН и NaHS прирост ДЭ был 9–11% ($p<0,01$) и снижение АЭ – 35–49% ($p<0,01$). Два донора ГТ (НПН+NaHS) одновременно увеличивали ДЭ на 11% ($p<0,01$), тогда как АЭ снизилась более существенно, на 59%. В другой серии опытов NaHS и LA вызывали сходные сдвиги ДЭ и АЭ. При их совместном действии эффект был большим ($p<0,05$). При действии НПН и NaHS прирост ДЭ составил 9–11% ($p<0,01$). Тогда как, LA проявил больший эффект и прирост деформируемости теней был 15%. Направленность изменений микрореологических показателей эритроцитов и их теней была сходной в обеих группах, небольшими количественными различиями. Таким образом, результаты исследования позволяют заключить, что доноры и стимулятор эндогенного синтеза ГТ заметно повышают деформируемость эритроцитов и выражено снижают их агрегацию. Опыты с тенями эритроцитов свидетельствуют о существовании независимых, не связанных с цитоплазмой клетки молекулярных мишеней для этих ГТ, вероятно ассоциированных с мембранной гуанилатциклазой и кальцийзависимыми K^+ -каналами.

Ключевые слова: эритроциты, деформируемость, агрегация, газотрансмиттеры,*Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта
Российского научного фонда № 22-15-00120***MICRORHEOLOGICAL RESPONSES OF ERYTHROCYTES TO NITROGEN OXIDE AND HYDROGEN SULFIDE**A.V. Muravyov¹, I.A. Tikhomirova¹, E.P. Petrochenko¹, A.V. Priezzhev², A.E. Lugovtsov²¹ "Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky"; Russia, 150000 Yaroslavl, Republican str., 108/1;² "Lomonosov Moscow State University", Russia, 119234 Moscow, Leninskie gory, 1

Under the influence of SNP and NaHS, there was an increase in DE by 9–11% and a decrease in AE by 35–49%. Two GT donors (SNP+NaHS) simultaneously increased DE by 11%, while AE decreased more significantly, by 59%. In another series of experiments, NaHS and L-arginine (LA) caused similar changes in DE and AE. When they acted together, the effect was great. Under the action of SNP and NaHS, the increase in DE was 9–11%. Whereas, LA showed a greater effect and the increase in erythrocyte ghosts deformability was 15%. The direction of changes in microrheological parameters of erythrocytes and their ghosts was similar in both groups, with small quantitative differences. Thus, the results of the study allow us to conclude that donors and a stimulator of endogenous synthesis of GT significantly increase the deformability of erythrocytes and significantly reduce their aggregation.

Key words: erythrocytes, deformability, aggregation, gasotransmitters.

ГЕМОРЕОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ И АРТЕРИАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ У ГИПЕРТЕНЗИВНЫХ ПАЦИЕНТОВ

Муравьев А.В.¹, Тихомирова И.А.¹, Замышляев А.В.², Петроченко А.С.², Комлев В.Л.²

¹ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет имени К.Д. Ушинского»; Россия, 150000 Ярославль, ул. Республиканская, 108/1

²ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Россия, 150000 Ярославль, ул. Революционная, 5

Вязкость крови является одним из компонентов периферического сосудистого сопротивления, и тем самым, влияет на величину артериального давления (АД). Поэтому реологические свойства крови могут быть существенным звеном патогенеза артериальной гипертонии (АГ). *Цель исследования:* изучение характеристик гемореологического профиля и их влияние на артериальное давление у больных АГ.

Материалы и методы. У 34 больных АГ II степени и у 22 здоровых лиц регистрировали показатели гемореологического профиля: вязкость крови (ВК), плазмы и суспензии эритроцитов, гематокрит (Hct), отношение Hct/ВК, деформируемость эритроцитов (ДЭ) и их агрегацию (АЭ). *Результаты.* У больных АГ показатели АД в среднем на 24%

($p < 0,05$) были больше, чем у здоровых лиц. У лиц с АГ наблюдали прирост вязкости крови при высоких (ВК1) и низких (ВК2) скоростях сдвига на 36-39%, из-за увеличения вязкости плазмы, на 24%, агрегации эритроцитов на 47% и снижения деформируемости эритроцитов в среднем на 10%. Транспортный потенциал крови, как отношение Hct/ВК1, был на 27% меньше, чем у здоровых лиц. Последний показатель коррелировал с ДЭ ($r = 0,72$; $p < 0,01$). Кроме того, систолическое АД коррелировало с ДЭ ($r = -0,38$; $p < 0,05$) и с АЭ ($r = 0,39$; $p < 0,05$). В свою очередь ВК1 коррелировала с ДЭ ($r = -0,52$; $p < 0,05$). *Заключение.* Полученные данные свидетельствуют о том, что АД у больных АГ заметно коррелирует с параметрами текучести крови и показателем ее транспортного потенциала.

Ключевые слова: артериальная гипертония, вязкость крови, гематокрит, агрегация эритроцитов, деформируемость эритроцитов

*Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта
Российского научного фонда № 22-15-00120*

HEMORRHEOLOGICAL PROFILE AND BLOOD PRESSURE IN HYPERTENSIVE PATIENTS

A.V. Muravyov¹, I.A. Tikhomirova¹, A.V. Zamyshlyayev², A.S. Petrochenko², V.L. Komlev²

¹ "Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky"; Russia, 150000 Yaroslavl, Republican str., 108/1

² "Yaroslavl State Medical University" Russia, 150000 Yaroslavl, Revolutsionnaya str., 5

The aim of the study was to investigate the hemorrheological profile characteristics and their effect on blood pressure in patients with hypertension. In 34 hypertensive patients and 22 healthy individuals, hemorrheological profile parameters were recorded: blood viscosity (BV), plasma and erythrocyte suspension viscosity, Hct, Hct/BV ratio, erythrocyte deformability (DE) and their aggregation (AE). In patients with hypertension, blood pressure was on average 24% higher than in healthy individuals. In persons with hypertension, an increase in BV of 36-39% was observed, due to an increase in plasma viscosity by 24%, AE by 47% and a decrease in DE by 10%. The transport potential of blood was 27% less than in healthy individuals. The latter indicator correlated with DE ($r = 0.72$). In addition, BP correlated with DE and with AE. In turn, BV correlated with DE. The obtained data indicate that blood pressure correlates with blood fluidity and its transport potential.

Keywords: arterial hypertension, blood viscosity, hematocrit, aggregation and deformability of erythrocytes.

ЛАЗЕРНАЯ ЭКТАЦИТОМЕТРИЯ ЭРИТРОЦИТОВ И ИЗМЕРЕНИЕ ШИРИНЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭРИТРОЦИТОВ ПО ДЕФОРМИРУЕМОСТИ

Никитин С.Ю., Лебедева М.С., Цыбров Е.Г.

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

Одним из стандартных параметров крови является ширина распределения эритроцитов по размерам (RDW – Red Blood Cells Distribution Width). О важности этого параметра говорит, в частности, тот факт, что величина RDW является надежным предиктором смертности в общей популяции взрослых в возрасте 45 лет и старше. Мы полагаем, что диагностическую ценность может иметь и такой параметр как ширина распределения эритроцитов по деформируемости (RDWD – Red Blood Cells Distribution Width in Deformability). В нашей лаборатории мы впервые измерили этот параметр методом лазерной дифрактометрии эритроцитов в сдвиговом потоке (эктацитометрии).

Измерение проводили следующим образом. Сильно разбавленную суспензию эритроцитов заливали в узкий зазор между двумя плоскими прозрачными дисками, один из которых неподвижен, а другой может вращаться с заданной угловой скоростью. Вращение подвижного диска создает в суспензии сдвиговый поток, который деформирует эритроциты, вытягивая их вдоль потока. Суспензию эритроцитов просвечивали лазерным пучком и наблюдали на экране картину рассеяния света эритроцитами. При увеличении скорости вращения подвижного диска наблюдали вытягивание дифракционной картины, обусловленное деформацией эритроцитов силами вязкого трения.

Для анализа дифракционной картины выделяли на ней линию изоинтенсивности. Так называется совокупность точек на экране наблюдения, в которых интенсивность рассеянного света имеет некоторое определенное значение. Для нормального образца крови линия изоинтенсивности имеет форму, близкую к эллипсоидальной. Затем измеряли геометрические параметры этой линии – ее аспектное отношение и координаты характеристических точек, которые лежат на пересечении линии изоинтенсивности с диагоналями прямоугольника, охватывающего эту линию. Полученные данные обрабатывали с помощью специального алгоритма, и определяли величину параметра RDWD. Для крови молодого здорового донора мы получили RDWD=15%.

Ключевые слова: деформируемость эритроцитов, лазерная дифрактометрия, ширина распределения эритроцитов по деформируемости.

LASER EKTACYTOMETRY OF ERYTHROCYTES AND MEASUREMENT OF THE RED BLOOD CELLS DISTRIBUTION WIDTH IN DEFORMABILITY

S. Yu. Nikitin, M. S. Lebedeva, E. G. Tsybrov

M. V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Abstract. A new rheological parameter of blood - the Red Blood Cells Distribution Width in Deformability (RDWD), was measured for the first time by the method of laser diffractometry of erythrocytes in a shear flow (ektacytometry).

Keywords: erythrocyte deformability, laser ektacytometry, Red Blood Cells Distribution Width in Deformability.

СОСТОЯНИЕ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО РУСЛА И ГЕМОРЕОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС В НОРМЕ И ПРИ ПОВЫШЕННОМ АРТЕРИАЛЬНОМ ДАВЛЕНИИ

Овчинникова О.А.

ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского»; Россия, 150000 Ярославль, ул. Республиканская, 108/1

Статья посвящена оценке гемореологического профиля и состояния микроциркуляции у лиц с повышенным артериальным давлением (АД) по сравнению с нормой. Были сформированы две группы испытуемых: группа 1 – лица с нормальным уровнем АД (в среднем – 119/72 мм рт. ст.) и группа 2 – лица с повышенным АД (в среднем – 142/87 мм рт.ст.). Полученные материал обработан статистически с определением выборочной средней величины (M) и стандартного отклонения (σ). В результате исследования было установлено, что у пациентов с повышенным АД наблюдались достоверно более высокие показатели вязкости цельной крови на 13,5% ($p < 0,05$), вязкости плазмы на 30,8 % ($p < 0,001$), повышенная агрегируемость (на 43%, $p < 0,05$) и сниженная деформируемость эритроцитов (на 6,7%, $p < 0,05$). О снижении деформируемости у лиц с АД говорят и более высокие показатели вязкости суспензии эритроцитов со стандартным гематокритом в неагрегирующей среде (на 18%, $p < 0,05$). Это привело к снижению на 22% ($p < 0,05$) эффективности транспорта кислорода. По данным ЛДФ исследования выявлено значительный рост нейрогенных (на 61%, $p < 0,001$) и миогенных (на 82 %, $p < 0,001$) составляющих механизмов регуляции сосудистого тонуса. О снижении объёма крови, поступающего в обменное звено, свидетельствует и возросший (на 60 %, $p < 0,01$) показатель шунтирования у лиц с повышенным АД. При этом наблюдалось снижение амплитуды дыхательных (на 32 %, $p < 0,01$) и эндотелиальных (на 28 %, $p < 0,01$) колебаний.

Исследование позволило выявить характерные особенности микроциркуляции и изменения гемореологического профиля, что позволяет определять возможные способы коррекции этих нарушений.

Ключевые слова: гемореология, артериальное давление, вязкость крови

THE STATE OF THE MICROCIRCULATORY BED AND THE HEMORHEOLOGICAL STATUS ARE NORMAL AND AT ELEVATED BLOOD PRESSURE

O.A. Ovchinnikova

"Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky"; Russia, 150000 Yaroslavl, Republican str., 108/1

The article is devoted to the assessment of the hemorheological profile and the state of microcirculation in people with high blood pressure (BP) compared to the norm. Two groups of subjects were formed: group 1 – persons with normal blood pressure (on average – 119/72 mmHg) and group 2 – persons with elevated blood pressure (on average – 142/87 mmHg). The study revealed the characteristic features of microcirculation, consisting in a decrease in tissue perfusion and a decrease in the variability of microhemodynamics, an increase in myogenic and neurogenic tone, an increase in blood discharge through anastomoses. Changes in the hemorheological profile were manifested in an increase in blood viscosity, increased aggregation and reduced deformability of erythrocytes, which led to a decrease in the efficiency of oxygen transport. The data allows us to determine possible ways to correct these violations.

Keywords: hemorheology, blood pressure, blood viscosity.

ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГЕМОРЕОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ У ЗДОРОВЫХ ЛИЦ

Остроумов Р.С., Осетров И.А., Кузнецова Е.А., Великанова Е.В., Михайлов П.В., Муравьев А.В.

ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского», Россия, 150000, Ярославль, ул. Республиканская, 108/1.

Вопрос о возрастных изменениях реологических свойств крови остается предметом обсуждения. Это связано с тем, что существенный вклад в текучесть крови вносят эритроциты, а они имеют свой возрастной цикл и, следуя ему, изменяют свою микрореологию, тогда как текучесть плазмы крови может изменяться с возрастом. Целью исследования был анализ характеристик гемореологического профиля (ГП) у здоровых лиц разного возраста. Были сформированы две группы здоровых лиц - мужчин в возрасте от 20 до 30 лет (группа 1, n=24) и от 50 до 60 лет (группа 2, n=20). Регистрировали: вязкость крови (ВК1 и ВК2) при высоких и низких скоростях сдвига, вязкость плазмы (ВП), Нсг, деформируемость (ДЭ) и агрегацию эритроцитов (АЭ) и транспортный потенциал крови (отношение Нсг/ВК). Определяли концентрации белка плазмы, альбуминов, глобулинов и фибриногена и холестерина. Сравнительный анализ показал, что ВК была достоверно выше в группе 2, на 11-17%, при высоких и низких скоростях сдвига, соответственно. При этом транспортный потенциал крови был ниже 10-14% ($p < 0,05$) в группе 2. В основном это было связано с повышенной ВП (на 10%) и АЭ (на 28%) и сочеталось с большими концентрациями глобулинов плазмы (на 26%) и фибриногена (на 14%). Умеренное снижение ДЭ у лиц группы 2 можно объяснить более высокой концентрацией холестерина у них. Таким образом, сравнение показателей гемореологического профиля у здоровых, физически неактивных лиц, свидетельствует об умеренном возрастном снижении текучести крови и ее транспортного потенциала в основном из-за биохимических модификаций плазмы крови.

Ключевые слова: гемореологический профиль, возрастные изменения, здоровые лица

AGE CHANGES IN HEMORHEOLOGICAL PROFILE PARAMETERS IN HEALTHY PERSONS

R.S. Ostroumov, I.A. Osetrov, E.A. Kuznetsova, E.V. Velikanova, P.V. Mikhailov, A.V. Muravyov "Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky"; Russia, 150000 Yaroslavl, Republican str., 108/1

The aim of the study was an analysis of the hemorheological profile (HP) parameters in healthy individuals of different ages. Two groups of healthy individuals were formed (men, aged 20 to 30 years, group 1, n=24) and 50 to 60 years (group 2, n=20). HP characteristics were recorded in all of them: blood viscosity (BV) at high and low shear rates, plasma viscosity (PV), Hct, deformability (DE), erythrocyte aggregation (AE), and blood transport potential (Hct/BV ratio). Plasma protein, albumin, globulin and fibrinogen concentrations and cholesterol were determined. Comparative analysis showed that BV was significantly higher in group 2, by 11-17%, at high and low shear rates, respectively. At the same time, the blood transport potential was decreased by 10-14% ($p < 0.05$) in group 2. This was mainly due to increased PV (by 10%) and AE (by 28%) and was combined with high concentrations of plasma globulins (by 26%) and fibrinogen (by 14%). A moderate decrease in DE in group 2 individuals can be explained by a higher cholesterol concentration in them. Thus, a comparison of hemorheological profile indicators in healthy, physically inactive individuals indicates a moderate age-related decrease in blood fluidity and its transport potential, mainly due to biochemical modifications of blood plasma.

Keywords: hemorheological profile, age-related changes, healthy persons.

ГЕМОРЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ У ЛИЦ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ АЭРОБНОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ: ВЛИЯНИЕ ОКСИДА АЗОТА И СУЛЬФИДА ВОДОРОДА НА МИКРОРЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭРИТРОЦИТОВ

Остроумов Р.С., Михайлов П.В., Муравьев А.А., Кузнецова Е.А., Муравьев А.В.

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

Транспорт кислорода в мышцы зависит от сосудистых и реологических факторов. Известно, что вязкость крови (ВК) зависит от микрореологических свойств эритроцитов, и положительные изменения будут способствовать лучшему транспорту кислорода. Целью исследования был анализ гемореологических профилей у лиц с разным аэробным потенциалом и исследование роли оксида азота (NO) и сероводорода (H₂S) в изменениях микрореологических характеристик эритроцитов. На основе величины максимального потребления кислорода (МПК) были сформирована группа 1 (МПК 40-50 мл/кг/мин), и группа 2 (МПК 51-65 мл/кг/мин). Регистрировали параметры гемореологического профиля, метаболизм оксида азота. Кроме того, регистрировали агрегацию эритроцитов (АЭ) и их деформируемость (ДЭ) после инкубации клеток с донорами NO и H₂S (нитропруссидом натрия, НПН, 100 мкМ и гидросульфидом натрия, NaHS, 100 мкМ). Были получены данные, показывающие, что лица с высоким МПК имели сниженную вязкость крови, эффективный кислородтранспортный потенциал, позитивные изменения микрореологических характеристик эритроцитов и их более высокую чувствительность к донорам GT. При этом НПН и NaHS умеренно повышали деформируемость эритроцитов и существенно снижали их агрегацию. Кроме того, было найдено, что у лиц с высоким МПК, микрореологические ответы на доноры GT были более выраженными.

Ключевые слова: транспорт кислорода, гемореологический профиль, газотрансмиттеры, оксид азота, сероводород, эритроциты, деформируемость, агрегация

HEMORRHEOLOGICAL CHARACTERISTICS IN PERSONS WITH DIFFERENT LEVEL OF AEROBIC PERFORMANCE: INFLUENCE OF NITRIC OXIDE AND HYDROGEN SULFIDE ON MICRORHEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF ERYTHROCYTES

R.S. Ostroumov, P.V. Mikhailov, A.A. Muravyov, E.A. Kuznetsova, A.V. Muravyov

"Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky"; Russia, 150000 Yaroslavl, Republican str., 108/1

The purpose of this study was to analyze hemorheological profiles in individuals with different aerobic potential and to investigate the role of nitric oxide (NO) and hydrogen sulfide (H₂S) in changes in erythrocyte microrheology. Group 1 (VO₂max – 40-50 ml/kg/min) and Group 2 (VO₂max – 51-65 ml/kg/min) were formed based on the value of maximum oxygen consumption (VO₂max). Hemorheological profile parameters were recorded, as well as erythrocyte aggregation (AE) and their deformability (DE) after cell incubation with NO and H₂S donors (sodium nitroprusside, SNP, 100 μM and sodium hydrosulfide, NaHS, 100 μM). Data were obtained showing that individuals with high VO₂max had reduced blood viscosity, effective oxygen transport potential and positive changes in erythrocyte microrheology. At the same time, SNP and NaHS moderately increased the deformability of erythrocytes and significantly reduced their aggregation. In addition, it was found that in individuals with high VO₂max, microrheological responses to GT donors were more pronounced.

Keywords: hemorheological profile, gasotransmitters, nitric oxide, hydrogen sulfide, erythrocytes, deformability, aggregation.

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНО-ТКАНЕВЫХ СИСТЕМ БАСКЕТБОЛИСТОВ И ШОРТ-ТРЕКИСТОВ ПОСЛЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

Паршакова В.Е.¹, Локтионова Ю.И.¹, Жарких Е.В.¹, Литвин Ф.Б.², Кротова К.А.²,
Менькова Н.С.², Дунаев А.В.¹

¹ОГУ имени И.С. Тургенева; Россия, 302026 Орёл, ул. Комсомольская, 95

²Смоленский государственный университет спорта; Россия, 214018 Смоленск, ул. Гагарина, 23

Работа посвящена изучению реакции микроциркуляторно-тканевых систем (МТС) организма спортсменов на физическую нагрузку при различных видах спорта. Шорт-трекистам необходимо развивать высокую скорость, что приводит к увеличенной потребности биологических тканей в кислороде, у баскетболистов во время игры основная нагрузка приходится на кисти рук, мышцы ног и спины, также возникает когнитивная нагрузка, что требует дополнительного питания мозга, вместе с тем активизируются и механизмы регуляции МТС. Для оценки состояния МТС использовались носимые анализаторы «ЛАЗМА-ПФ» (ООО НПФ «ЛАЗМА»), реализующие лазерную доплеровскую флоуметрию и флуоресцентную спектроскопию. Исследование проводилось на 13 баскетболистах и 13 шорт-трекистах мужского пола, средний возраст которых составил 20±3 года. Измерения длились по 7 минут и включали 3 этапа: до физической нагрузки, через 45 с и через 30 мин после окончания тренировки. Во время измерений спортсмены располагались в положении лежа, анализаторы закреплялись на внешней стороне предплечий и на внутренней стороне голени симметрично справа и слева. После физической нагрузки у шорт-трекистов и баскетболистов отмечается рост показателя микроциркуляции крови и нутритивного кровотока, что свидетельствует как об общем увеличении интенсивности кровотока, так и об увеличении числа функционирующих капилляров и питания биологических тканей. Показатель окислительного метаболизма (ПОМ) у баскетболистов в руках имеет тенденцию на снижение через 45 с после физической нагрузки, а через 30 мин после окончания тренировки значительно возрастает, что может свидетельствовать о постепенной адаптации и согласованности в работе системы доставки кислорода (микроциркуляции крови) и её утилизации биотканями (окислительный метаболизм). У шорт-трекистов ПОМ имеет тенденцию на увеличение после физической нагрузки, что говорит о более эффективной работе системы доставки и утилизации питательных веществ к клеткам биотканей после тренировки. Таким образом, с помощью носимых анализаторов возможно оценивать изменения в МТС организма спортсменов, которые различны в зависимости от вида физической нагрузки, что даёт новую диагностическую информацию для корректировки тренировочных процессов.

Ключевые слова: микроциркуляторно-тканевые системы, лазерная доплеровская флоуметрия, флуоресцентная спектроскопия, метаболизм, спортсмены.

ASSESSMENT OF CHANGES IN THE PARAMETERS OF MICROCIRCULATORY AND TISSUE SYSTEMS OF BASKETBALL PLAYERS AND SHORT-TRACK PLAYERS AFTER PHYSICAL EXERTION

V.E. Parshakova¹, Yu.I. Loktionova¹, E.V. Zharkikh¹, F.B. Litvin², K.A. Krotova², Menkova N.S.²
A.V. Dunaev¹

¹I.S. Turgenev Orel State University; 95 Komsomolskaya str., 302026 Orel, Russia

²Smolensk State University of Sports; 23 Gagarina str., Smolensk, 214018, Russia

Аннотация: The paper studies the parameters of microcirculatory tissue systems (MTS) of the athletes' body during physical exertion of two different sports, measured using wearable devices implementing laser Doppler flowmetry and fluorescence spectroscopy. It is noted that changes in MTS depend on the type of physical activity.

Keywords: microcirculatory tissue systems, laser Doppler flowmetry, fluorescence spectroscopy, athletes.

НАРУШЕНИЯ ПРО-, АНТИОКСИДАНТНЫХ РЕАКЦИЙ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГЕМОСТАЗА У ПАЦИЕНТОВ С РАЗОРВАВШИМИСЯ ЦЕРЕБРАЛЬНЫМИ АНЕВРИЗМАМИ В ДО- И ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОМ ПЕРИОДАХ

Пашковская И.Д., Степанова Ю.И., Нечипуренко Н.И., Сидорович Р.Р., Ахремчук А.И.
Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии», Беларусь, 220114 Минск, ул. Ф.Скорины, 24

Разрыв церебральной аневризмы (ЦА) связан с развитием нарушений гемостаза и активацией прооксидантных процессов, что может сопровождаться формированием отсроченной церебральной ишемии (ОЦИ). Целью данной работы является сравнительный анализ нарушений про-, антиоксидантных реакций, агрегации тромбоцитов и показателей коагулограммы у пациентов с разорвавшимися ЦА с ОЦИ и без ОЦИ в до- и послеоперационном периодах. Сформировано две группы: основная – 67 пациентов с разорвавшимися ЦА и ОЦИ и группа сравнения – 23 пациента без ОЦИ. Всем пациентам было выполнено клипирование ЦА. В крови до- и после операции изучали концентрацию продуктов, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой и активность супероксиддисмутазы (СОД); тромбинзависимую агрегацию тромбоцитов; показатели коагулограммы и концентрацию ингибитора активации плазминогена 1 типа (РАI-1). Статистический анализ проводили с помощью непараметрических методов. До операции в обеих группах установлен про-, антиоксидантный дисбаланс; после операции – в основной группе выявлено увеличение СОД относительно исходных значений ($T, p=0,0004$). До операции в основной группе показано увеличение скорости ($U, p=0,002$) и степени ($U, p=0,001$) агрегации тромбоцитов. В послеоперационном периоде у пациентов обеих групп наблюдали гиперагрегацию тромбоцитов и возрастание концентрации РАI-1. В основной группе РАI-1 положительно коррелировал с балльной оценкой тяжести состояния пациентов по шкале Ханта-Хесса ($rs=0,6, p=0,002$) и NIHSS ($rs=0,5, p=0,006$). Таким образом, нарушение баланса между про- и антиоксидантами, изменение агрегации тромбоцитов и фибринолиза в микроциркуляторном русле головного мозга могут являться факторами тромбообразования и способствовать формированию ОЦИ при разрыве ЦА, что подтверждается корреляционными зависимостями между тяжестью неврологического дефицита и состоянием гемостаза.

Ключевые слова: разрыв церебральной аневризмы, отсроченная церебральная ишемия, про-, антиоксидантная система, гемостаз.

PRO-, ANTIOXIDANT REACTIONS AND HEMOSTASIS INDICATORS DISTURBANCES IN PATIENTS WITH RUPTURED CEREBRAL ANEURYSM IN PRE- AND POSTOPERATIVE PERIODS

I.D. Pashkouskaya, Y.I. Stepanova, N.I. Nechipurenko, R.R. Sidorovich, A.I. Ahremchuk
State Institution "Republican Scientific and Practical Center of Neurology and Neurosurgery", Belarus, 220114 Minsk, F.Skaryna str., 24

Abstract. The article is devoted to a comparative analysis of the violations of pro-, antioxidant reactions, platelet aggregation and coagulogram parameters in patients with ruptured cerebral aneurysm (CA) with and without delayed cerebral ischemia (DCI). Two groups were formed: the main group - 67 patients with ruptured CA and DCI and the comparison group - 23 patients without DCI. As a result of the study, it was found that in both groups, activation of prooxidant reactions and an increase in the concentration of PAI-1. In the main group before surgery, an increase in the rate of platelet aggregation ($p=0.002$) relative to the norm was revealed. In the postoperative period in patients of both groups a giperaggregation was observed. In the main group, PAI-1 positively correlated with the neurological deficit score – NIHSS ($p=0.006$). Thus, an imbalance between pro- and antioxidants, changes in platelet aggregation and fibrinolysis in the microvasculature of the brain can be important factors in thrombosis and contribute to the formation of cerebral ischemia foci in case of rupture of the CA.

Keywords: cerebral aneurysm rupture, delayed cerebral ischemia, pro-, antioxidant system, hemostasis.

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОСВЯЗИ ТРОМБОЦИТАРНОГО ГЕМОСТАЗА И ОКИСЛИТЕЛЬНОГО МЕТАБОЛИЗМА КРОВИ У ЗДОРОВЫХ ДЕТЕЙ И ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ ВОСПАЛЕНИИ

Поповичева А.Н., Мартусевич А.К.

ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России, Нижний Новгород, РОССИЯ

Значительную роль в нарушениях микроциркуляции крови играют изменения не только функциональной активности сосудисто-тромбоцитарного звена гемостаза, но и ее окислительного метаболизма. Определение данных характеристик крови особенно важно в препубертатный, пубертатный и постпубертатный период развития ребенка. Изучение этой задачи в аналогичные возрастные периоды не менее актуально и при хроническом воспалении. Цель. Изучение функциональных свойств тромбоцитов и окислительного метаболизма крови здоровых детей и пациентов детского возраста с воспалительными заболеваниями кишечника различных возрастных групп.

Материалы и методы. В работе использовали кровь практически здоровых детей и пациентов следующих возрастных групп: до 6 лет включительно – 10 и 6 детей, 7-11 лет – 10 и 14 детей, 12-16 лет – 10 и 67 детей, 17 лет и старше – 35 человек и 31 пациент соответственно. Определяли агрегацию тромбоцитов и уровень малонового диальдегида плазмы крови. Результаты исследования обрабатывали с применением критерия Манна-Уитни и корреляционного анализа (метод Спирмена). Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$ и $p < 0,001$.

Результаты. С увеличением возраста выявлена тенденция к усилению агрегации тромбоцитов. До 11 лет включительно отмечены наименьшие значения степени и скорости агрегации (снижение на 40% по сравнению с людьми 17 лет, $p < 0,05$ и $p < 0,001$ соответственно). У пациентов отмечалось значительное повышение степени агрегации по сравнению со здоровыми детьми ($p < 0,001$), однако скорость усиливалась только до 11 лет включительно. Уровень малонового диальдегида с увеличением возраста здоровых детей не изменяется. У пациентов значительное повышение его концентрации (в 1,5 раза, $p < 0,05$) выявлено в возрасте старше 7 лет. Корреляционный анализ выявил отсутствие взаимосвязей между изучаемыми свойствами крови у здоровых детей, в условиях воспаления отмечена прямая корреляция слабой силы между скоростью агрегации тромбоцитов и концентрацией малонового диальдегида ($r = 0,40$) в возрасте от 7 до 17 лет включительно.

Заключение. Таким образом, в процессе роста и развития детей функциональные свойства тромбоцитов и окислительный метаболизм крови изменяются как у практически здоровых людей, так и при хроническом воспалении. Это дает основание для использования дополнительных методов коррекции нарушений системы гемостаза и состояния окислительного стресса.

Ключевые слова: онтогенез, дети, воспаление, тромбоциты, агрегация, окислительный метаболизм.

AGE FEATURES OF THE RELATIONSHIP OF PLATELET HEMOSTASIS AND OXIDATIVE BLOOD METABOLISM IN HEALTHY CHILDREN AND IN CHRONIC INFLAMMATION

A.N. Popovicheva, A.K. Martusevich

FSBEI HE PRMU MOH Russia, Nizhny Novgorod, Russia

In the process of children ontogenesis, the functional properties of platelets and oxidative metabolism of blood change both in practically healthy people and in chronic inflammation. Correlation analysis revealed the presence of a relationship between the studied parameters only in inflammation ($r = 0.40$) at the age of 7 to 17 years inclusive.

Key words: ontogenesis, children, inflammation, platelets, aggregation, oxidative metabolism.

ИНТРАОПЕРАЦИОННАЯ ОПТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ПЕРФУЗИОННО-МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТКАНЕЙ МАТКИ ПРИ МИОМЭКТОМИИПотапова Е.В.¹, Поленов Н.И.², Закураева К.А.², Крутикова В.Ю.¹, Ярмолинская М.И.²¹ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»; Россия, 302026 Орёл, ул. Комсомольская, 95;²ФГБНУ «Научно-исследовательский институт акушерства, гинекологии и репродуктологии имени Д.О. Отта»; 199034 Россия, Санкт-Петербург, Менделеевская линия, 3

Вопросы хирургической тактики, в том числе необходимость сохранения псевдокапсулы при удалении миомы матки (ММ) при лапароскопической интракапсулярной миомэктомии и разработка обоснованных медицинских оснований для миомэктомии у планирующих беременность женщин с интрамуральными миомами, остаются актуальными. В работе предложено использовать интраоперационные оптические методы определения перфузии и метаболических характеристик тканей матки в качестве дополнительной диагностической процедуры в рамках планового оперативного вмешательства. Исследования проведены с помощью специально адаптированной под данную задачу волоконно-оптической системы, реализующей методы флуоресцентной спектроскопии и лазерной доплеровской флоуметрии. На первом этапе выполнено исследование перфузионно-метаболических характеристик в псевдокапсуле и окружающих тканях. Выявлено, что ММ имеют различное кровоснабжение и интенсивность автофлуоресценции при зондировании на длине волны 365 нм в зависимости от скорости их роста и размера, что, скорее всего, связано с накоплением коллагена во внеклеточном матриксе и изменением сосудистой архитектуры. Дополнительно изучено влияние ММ с различной локализацией на перфузию эндометрия. Было установлено, что перфузия кровью эндометрия у пациенток с миомагтозными узлами, деформирующими полость матки, значительно ниже, чем у пациенток с интрамуральными и интрамурально-субсерозными узлами. Это позволит в дальнейшем уточнить медицинские показания к проведению миомэктомии при интрамуральном расположении миом. Внедрение оптических методов в эндоскопическую гинекологическую хирургию представляется перспективным, расширяя диагностические возможности стандартной лапароскопии.

Ключевые слова: оптическая диагностика, флуоресцентная спектроскопия, лазерная доплеровская флоуметрия, гинекология, миома матки, миомэктомия.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-15-00325.

INTRAOPERATIVE OPTICAL DIAGNOSTICS OF THE PERFUSION AND METABOLIC CHARACTERISTICS OF UTERINE TISSUES DURING MYOMECTOMYE.V. Potapova¹, N.I. Polenov², K.A. Zakuraeva², V.Yu. Krutikova¹, M.I. Yarmolinskaya²¹"I.S. Turgenev OSU"; Russia, 302026 Orel, Komsomolskaya str., 95;²"D.O. Ott Research Institute of Obstetrics, Gynecology and Reproductology"; 199034 Russia, St. Petersburg, Mendeleevskaya liniya, 3

Abstract. The article is devoted to the intraoperative diagnostics of the uterine microcirculation during myomectomy. For the first time, new knowledge was obtained about perfusion and metabolic processes in the fibroid pseudocapsule. The microcirculation of the myometrium and fibroids in various courses of the disease was studied. It was revealed that fibroids have different blood supply and autofluorescence intensity at a wavelength of 365 nm, depending on their growth intensity and size. This may be due to the accumulation of collagen in the extracellular matrix and changes in vascular architecture. Endometrial perfusion studies have also been conducted in women with different localization of fibroids. From a practical point of view, this will further clarify the medical indications for myomectomy with intramural fibroids.

Keywords: optical diagnostics, fluorescence spectroscopy, laser Doppler flowmetry, gynecology, fibroids, myomectomy.

АГРЕГАЦИЯ ТРОМБОЦИТОВ У ПАЦИЕНТОВ С NON-Q И Q-ИНФАРКТОМ МИОКАРДА В ПЕРИОД РУБЦЕВАНИЯПронько Т.П.¹, Снежицкий В.А.¹, Петюкевич Е.В.², Полудень В.Н.²¹ УО «Гродненский государственный медицинский университет», Республика Беларусь, Гродно 230009, ул. Горького, 80² ГУЗ «Гродненская областная клиническая больница медицинской реабилитации», Республика Беларусь, г. Гродно, 230027, ул. Коммунальная, 2.

У пациентов с инфарктом миокарда (ИМ) имеется проблема вариабельности ответов на двойную антитромбоцитарную терапию (ДАТТ) ацетилсалициловой кислотой (АСК) и клопидогрелом, что может проявляться высокой остаточной реактивностью тромбоцитов (ВОРТ), выявляемой при помощи агрегометрии. Частота встречаемости ВОРТ может варьировать в зависимости от вида и сроков ИМ.

Цель настоящего исследования изучить особенности агрегации тромбоцитов у пациентов с non-Q ИМ и Q-ИМ в период рубцевания.

Материалы и методы исследования. Обследовано 78 пациентов с non-Q ИМ (33-74 лет, 59 мужчин, 19 женщин), и 327 пациентов с Q-ИМ (31-74 лет, 263 мужчины, 64 женщины), все пациенты получали ДАТТ включающую АСК 75 мг/сутки, клопидогрел 75 мг/сутки. Оценку агрегации тромбоцитов проводили на 28-30 сутки от начала развития ИМ на агрегометре Multiplate (Германия) с несколькими индукторами агрегации. Аденозин-5'-дифосфат (АДФ) (ADP-test) – для выявления чувствительности к клопидогрелю, арахидоновая кислота (ASPI-test) – для выявления чувствительности к АСК, пептид активатор тромбин рецепторов (Трап-6) – для отражения потенциальной способности тромбоцитов к агрегации. Данные проанализированы с использованием программы STATISTICA 10.0.

Результаты. В группе non-Q ИМ данные агрегатограммы: ASPI-test 21,0 [15,0; 26,5] U, ADP-test 28,0 [19,0; 49,0] U, TRAP-test 88,0 [71,5; 102,0] U. ВОРТ к АСК выявлена у 15 (19,2%) пациентов, ВОРТ к клопидогрелю – у 17 (21,7%) пациентов, ВОРТ к обоим препаратам одновременно – у 10 (12,8%) человек, ВОРТ к ДАТТ обнаружена у 22 (28,2%) пациентов. В группе с Q-ИМ данные агрегатограммы: ASPI-test 23,0 [17,0; 31,0] U, $p=0,068$, ADP-test 30,0 [22,0; 43,0] U, $p=0,52$, TRAP-test 91,0 [73,0; 107,0] U, $p=0,45$. Данные агрегатограммы в обеих группах были сопоставимы. В группе Q-ИМ ВОРТ к АСК выявлена у 88 (26,9%) пациентов, ВОРТ к клопидогрелю – у 52 (15,9%) пациентов, ВОРТ к обоим препаратам одновременно – у 32 (9,8%) человек, ВОРТ к ДАТТ – у 108 (33,0%) человек, что было сопоставимо с результатами, полученными в группе non-Q ИМ ($\chi^2 = 1,58$; $p=0,21$, $\chi^2 = 1,16$; $p=0,28$, $\chi^2 = 0,34$; $p=0,56$, $\chi^2 = 0,47$; $p=0,49$, соответственно).

Заключение. Таким образом, у пациентов с non-Q ИМ и Q-ИМ на 28-30 сутки от начала развития ИМ получены сопоставимые значения агрегатограммы по всем изучаемым параметрам ASPI-test, ADP-test и TRAP-test. Частота встречаемости ВОРТ к АСК, клопидогрелю и обоим препаратам одновременно была также сопоставима в обеих исследуемых группах.

Ключевые слова: инфаркт миокарда, агрегация тромбоцитов.

PLATELET AGGREGATION IN PATIENTS WITH NON-Q AND Q-MYOCARDIAL INFARCTION IN THE PERIOD OF SCARRINGT.P. Pronko¹, V.A. Snezhitsky¹, E.V. Petsukevich², V.M. Poluden²¹ Educational institution "Grodno State Medical University", Republic of Belarus, Grodno 230009, Gorky str., 80² GUZ "Grodno Regional Clinical Hospital of Medical Rehabilitation", Republic of Belarus, Grodno, 230027, Kommunalnaya str., 2.

Abstract. The purpose of this study was to study platelet aggregation in patients with non-Q myocardial infarction (MI) and Q-MI during the scarring period. 78 patients with non-Q MI (33-74 years, 59 men, 19 women) and 327 patients with Q-MI (31-74 years, 263 men, 64 women) were examined, all patients received aspirin 75 mg/day and clopidogrel 75 mg / day. Comparable aggregation values were obtained for studied ASPI-test, ADP-test and TRAP-test parameters in patients with non-Q MI and Q-MI on days 28-30 from the onset of MI. The frequency of occurrence of high residual platelet aggregation to aspirin, clopidogrel and both drugs at the same time was also comparable in both study groups.

Keywords: myocardial infarction, platelet aggregation.

ОТРАЖАЕТ ЛИ ТРОМБОЭЛАСТОГРАФИЯ РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРОВИ?

Пучиньян Д.М.

НИИ травматологии, ортопедии и нейрохирургии ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ имени В.И. Разумовского; Россия, 410002, г. Саратов, ул. Чернышевского, 148

Реология крови – один из важных параметров, наряду со свёртыванием крови, характеризующий состояние внутрисосудистого звена микроциркуляции в организме. Известно, что сдвиги в коагуляционных свойствах крови сопровождаются изменением её текучести, что особенно наглядно демонстрирует тромбозэластография. Целью исследования явилось расширение информационной возможности тромбозэластографии в изучении формирования гемореологического потенциала в норме и патологии. В работе был использован прибор «Тромбозэластограф-2». Одновременно исследовали пробы цитратной крови и плазмы 39 практически здоровых лиц и 93 пациентов с ортопедической патологией, среди которых было 57 больных без признаков тромбозгеморрагического синдрома (ТГС) и 36 – с наличием лабораторных маркеров латентной (хронической) формы ТГС. Возраст лиц контрольной группы и пациентов был сопоставим, и находился в пределах 45-64 лет. Оценивали вклад эритроцитов в формирование гемореологического потенциала, сравнивая одноименные параметры тромбозэластограмм (ТЭГ) крови и плазмы. Из всех показателей ТЭГ наиболее стабильные результаты показал хронометрический параметр К – время коагуляции, отражающий процесс образования тромбина. Статистическую обработку полученных данных проводили параметрическим методом с вычислением средней арифметической величины (М) и ошибки средней ($\pm m$). Разницу между группами считали статистически значимой при $p < 0,05$. Результаты исследования показали, что отношение $K_{\text{крови}} / K_{\text{плазмы}}$ у здоровых людей и пациентов без признаков ТГС всегда больше 1,1. У больных с лабораторными признаками латентной формы ТГС это отношение достигало 1,0 и даже в ряде случаев было меньше. Полученные тромбозэластографические данные свидетельствуют о повышении текучести крови при ТГС до уровня текучести плазмы из-за потери эритроцитами способности поддерживать гемореологический потенциал крови.

Ключевые слова: коагуляционные и реологические свойства крови, тромбозэластография, тромбозгеморрагический синдром (ДВС-синдром)

DOES THROMBOELASTOGRAPHY REPRESENT RHEOLOGICAL PROPERTIES OF BLOOD?

D.M. Puchinyan

Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery of Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky; Russia, 410002, Saratov, Chernyshevsky str., 148

Abstract. Shifts in the coagulation properties of blood feature changes in its fluidity represented by thromboelastography. The aim of this study is to expand the informational capabilities of thromboelastography in investigating the formation of hemorheological potential in health and disease. At the same time, citrated blood and plasma samples of 39 healthy individuals and 93 patients with orthopedic pathology were tested in Tromboelastograph-2 device. We studied erythrocyte contribution to the formation of hemorheological potential by comparing the values of K parameter of blood and plasma thromboelastograms. $K_{\text{blood}}/K_{\text{plasma}}$ ratio in healthy individuals or patients with no signs of latent DIC syndrome always exceeded 1.1. In patients with laboratory signs of DIC syndrome this ratio was 1.0 or less. These findings suggest an increase in blood fluidity in DIC syndrome to plasma fluidity due to the loss of erythrocyte ability to maintain blood hemorheological potential.

Keywords: coagulation and rheological properties of blood, thromboelastography, thrombohemorrhagic syndrome (DIC syndrome).

ОСОБЕННОСТИ КАПИЛЛЯРНОГО КРОВОТОКА У ПАЦИЕНТОВ С СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ: ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОМ ЦИФРОВОЙ КАПИЛЛЯРОСКОПИИРоманова А.А.¹, Гурфинкель Ю.И.², Советников Е.Н.², Луговцов А.Е.¹, Приезжев А.В.¹¹Физический факультет, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия²Медицинский научно образовательный центр, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

При сердечной патологии часто наблюдается изменение макроциркуляционных параметров крови. В кровеносном русле появляются агрегаты эритроцитов, что способствует снижению скорости капиллярного кровотока (СКК) и, как следствие, ишемизации тканей. Цель данной работы – сравнение СКК в капиллярах ногтевого ложа человека, в которых обнаружены агрегаты эритроцитов и в капиллярах без агрегатов.

Измерение СКК выполнялось методом цифровой капилляроскопии. Для исследования были сформированы три группы пациентов с основными диагнозами: 1) фибрилляция предсердий (ФП), 2) ишемическая болезнь сердца (ИБС), 3) хроническая сердечная недостаточность (ХСН). Статистическая значимость различий параметров, измеренных у разных групп пациентов, анализировалась по непараметрическому статистическому критерию Манна-Уитни ($p < 0,05$). Корреляция между значениями СКК в капиллярах и наличием или отсутствием в них эритроцитарных агрегатов оценивалась с использованием линейного коэффициента корреляции Пирсона. Результаты исследования показали статистически значимую корреляцию для 1-ой (ФП) и 3-ей (ХСН) групп пациентов. Среднее значение СКК у пациентов всех 3-х групп в капиллярах без агрегатов составило соответственно: 1) 1252 мкм/с, 2) 1116 мкм/с, 3) 1074 мкм/с; тогда как в капиллярах с наличием агрегатов в капиллярном русле оно составило: 1) 481 мкм/с, 2) 466 мкм/с, 3) 527 мкм/с. В процентном отношении СКК в капиллярах с агрегатами к СКК в капиллярах без агрегатов для групп пациентов составило: 1) (ФП) 39,6%; 2) (ИБС) 46,9%; 3) (ХСН) 46,4%. На основе полученных данных можно сделать вывод о том, что существует достоверная связь между наличием агрегатов в капиллярах и снижением скорости капиллярного кровотока у обследованных пациентов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ № 22-15-00120.

Ключевые слова: агрегация эритроцитов, капилляроскопия, скорость капиллярного кровотока, ишемическая болезнь сердца, хроническая сердечная недостаточность, фибрилляция предсердий.

PECULIARITIES OF CAPILLARY BLOOD FLOW IN PATIENTS WITH CARDIOVASCULAR DISEASES: STUDY USING DIGITAL CAPILLAROSCOPYA.A. Romanova¹, Yu.I. Gurfinkel², E.N. Sovetnikov², A.E. Lugovtsov¹, A.V. Priezzhev¹¹Faculty of Physics, M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia²Medical Research and Education Center, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Abstract. In cardio-vascular diseases such as atrial fibrillation, chronic heart failure, coronary artery disease, etc., there are changes in the microcirculatory parameters of the blood. Red blood cells aggregates appear, which results in the reduction of the capillary blood flow velocity (CBV) and, consequently, in tissue ischemia. The aim of this work is to compare CBV in nail-bed capillaries of patients suffering from cardio-vascular diseases, in which the aggregates of red blood cells are detected with that in capillaries without aggregates, using the method of optical capillaroscopy.

Keywords: red blood cell aggregation, capillaroscopy, capillary blood flow velocity, coronary heart disease, chronic heart failure, atrial fibrillation.

ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМНОЙ И ЛОКАЛЬНОЙ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КРОВИ У ПАЦИЕНТОВ С ОСТРЫМ ПАНКРЕАТИТОМ

Рябов М.М.¹, Тихомирова И.А.², Изюмов Н.М.¹, Рыжков М.А.¹

¹ Ярославский государственный медицинский университет

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

Введение. Острый панкреатит в настоящее время является одной из наиболее распространенных острых хирургических болезней среди пациентов различных возрастных групп.

Материал и методы. Анализированы результаты лечения 36 пациентов с острым отечным панкреатитом. Средний возраст составил $53,83 \pm 16,13$ лет. Преобладали мужчины – 24 (66,7%). 21 (58,3%) больной поступил с алкогольным панкреатитом, 9 (25%) – вследствие желчекаменной болезни, 6 (16,7%) – с алиментарной формой. Выполнены измерения системной и локальной микроциркуляции методом ЛДФ на аппарате ЛАКК («ЛАЗМА», РФ) на 1 и 7 сутки лечения. Для контроля использовали группу 20 практически здоровых лиц, сравнимых по возрасту.

Результаты. Показатель системной микроциркуляции крови на 1 сутки лечения острого панкреатита был достоверно ниже контроля ($4,33 \pm 0,78$ и $4,76 \pm 1,14$ соответственно, $p=0,037$). То же было характерно и для нутритивной составляющей ($1,45 \pm 0,31$ и $2,03 \pm 0,81$ соответственно, $p=0,021$). Отмечено резкое преобладание пассивных факторов контроля микроциркуляции с высокими пиками в сердечном диапазоне. Спустя неделю лечения показатель микроциркуляции на предплечье оставался стабильным ($4,34 \pm 1,69$), но нутритивный показатель достоверно вырос до $1,92 \pm 0,89$ ($p=0,034$). Спектральный анализ отличался некоторым снижением влияния сердечного фактора с двукратным возрастанием максимальных амплитуд колебаний в эндотелиальном диапазоне. Локальный кровоток в начале острого периода течения панкреатита пострадал еще более существенно – $4,11 \pm 0,29$ против $5,53 \pm 0,63$ у здоровых лиц ($p=0,011$). Его нутритивная часть была меньше нормы практически вдвое ($p=0,014$). Достоверно ниже контроля были все амплитуды активных факторов контроля микроциркуляции, максимум имела дыхательная составляющая с нормированной амплитудой выше контроля ($15,77 \pm 3,16$ и $13,12 \pm 2,25$ соответственно, $p=0,027$). На 2 этапе исследования нутритивный кровоток стал расти, но эти изменения оказались вероятностными. Среди нормированных амплитуд факторов контроля микроциркуляции достоверно уменьшилась дыхательная – до $11,76 \pm 1,78$ и от нормы достоверно не отличалась ($p=0,38$). На графике спектров наметилось преобладание сердечного фактора при стабильно низких амплитудах активных факторов, что можно объяснить эффектами антисекреторной и инфузионной терапии. **Выводы.** Острый панкреатит характеризуется выраженным снижением показателей системной и локальной микроциркуляции крови. Их спектральный анализ может быть основой выбора направлений лечения.

Ключевые слова: острый панкреатит, лазерно-доплеровская флоуметрия, микроциркуляция.

FEATURES OF SYSTEMIC AND LOCAL BLOOD MICROCIRCULATION IN PATIENTS WITH ACUTE PANCREATITIS

M.M. Ryabov¹, I.A. Tikhomirova², N.M. Izyumov¹, M.A. Ryzhkov¹

¹ Yaroslavl State Medical University;

² Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D.Ushinsky »

The results of treatment of 36 patients treated in 2023 for edematous form of acute pancreatitis were analyzed. LDF measurements were performed on days 1 and 7 of treatment. Systemic blood microcirculation on Day 1 was significantly lower than control ($4,33 \pm 0,78$ and $4,76 \pm 1,14$, $p = 0.037$). After a week of treatment, the microcirculation on the forearm remained stable ($4,34 \pm 1,69$). Local blood flow at stage 1 suffered even more significantly - $4,11 \pm 0,29$ against $5,53 \pm 0,63$ in healthy individuals ($p = 0.011$). In phase 2 of the study, basal and nutritional blood flow rates gained some growth dynamics, but these changes were probabilistic. Acute pancreatitis is characterized by a pronounced decrease in systemic and local blood microcirculation. Their analysis may be the basis for the choice of treatment directions.

Keywords: acute pancreatitis, laser-Doppler flowmetry, microcirculation.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИСТАЛЬНОГО КРОВОТОКА КАК МЕТОД ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАБИЛИТАЦИИ РЕКОНВАЛЕСЦЕНТОВ ПО COVID-19.

Ряполова О.А., Азнаурова О.В., Богач Е.Н.

ГБУЗ МО «Санаторий Пушкино», 141211, Россия, Московская область, г. Пушкино, Красноармейское шоссе 28А.

Цель – исследование дистального кровотока для оценки эффективности восстановительного лечения реконвалесцентов по COVID-19.

Методы. С помощью высокочастотного ультразвукового доплерографа «Минимакс-Допплер-К» изучали нарушение микроциркуляторного кровотока и его обратимость у больных, перенесших новую коронавирусную инфекцию. В исследование были включены 168 больных (возраст 32-78 лет), проходивших реабилитацию в санатории «Пушкино». До и после лечения пациентам проводили электрокардиографию, эхокардиографию, спирографию, пульсоксиметрию. Всем наблюдаемым исследовали микроциркуляторный кровоток кисти в стандартных точках и в рефлекторной зоне Захарьина-Геда (шейно-грудной сегмент кожной иннервации, связанный с бронхолегочной системой).

Результаты. У большинства пациентов отмечается нарушение микроциркуляции в виде снижения скоростных показателей кровотока и повышения индексов периферического сопротивления. В результате лечения при исследовании микроциркуляции у 85% исследуемых выявлено повышение скоростных показателей кровотока и снижение индексов периферического сопротивления. У этой же группы больных улучшились показатели спирографии, пульсоксиметрии, электрокардиографии, эхокардиографии на фоне улучшения общего состояния (уменьшение одышки, повышение толерантности к физическим нагрузкам).

Выводы. Выявлена корреляция между положительной динамикой по данным исследования микроциркуляторного кровотока и положительной динамикой по данным других инструментальных исследований. Исследование микроциркуляции является преимущественным как быстрый и точный метод оценки эффективности восстановительного лечения реконвалесцентов по COVID-19.

Ключевые слова: микроциркуляция, обратимость микроциркуляторных нарушений, доплерограф, новая коронавирусная инфекция COVID-19.

STUDY OF THE DISTAL BLOOD FLOW AS A METHOD TO ASSESS EFFICIENCY OF REHABILITATION OF COVID-19 CONVALESCENT PATIENTS

O.A. Ryapolova, O.V. Aznaurova, E.N. Bogach

GBUZ MO "Pushkino Sanatorium", 1412111, Russia, Moscow Region, Pushkino, Krasnoarmeiskoye shosse 28A

The purpose is to study distal blood flow to assess the efficiency of rehabilitation treatment of COVID-19 convalescent patients.

Methods. Minimax Doppler-K high-frequency ultrasonography device was used to study the disfunction of blood flow microcirculation and its reversibility among COVID-19 convalescent patients.

Results. Most patients suffer from microcirculatory disorders such as reduction of blood flow speed and increase of peripheral resistance indexes.

Conclusion. The study of microcirculation is a smart and precise method to assess the efficiency of rehabilitation treatment of COVID-19 convalescent patients.

Keywords: microcirculation, reversibility of microcirculatory disorders, Doppler, Covid-19.

ВЛИЯНИЕ ГЕЛЯ, С МИКРОКАПСУЛАМИ, ЗАГРУЖЕННЫМИ МЕТРОНИДАЗОЛОМ, НА СОСТОЯНИЕ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО РУСЛА ДЕСНЫ И ПРОЯВЛЕНИЯ ДИСФУНКЦИИ ЭНДОТЕЛИЯ У ЖИВОТНЫХ С ПАРОДОНТИТОМ

Савкина А.А., Ленгерт Е.В., Ермаков А.В., Степанова Т.В., Лойко Д.Д.

Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского; Россия, 41012, Саратов, ул. Б. Казачья, 112

Целью настоящей работы являлось изучение влияния загрузки метронидазола в микрокапсулы с наночастицами серебра на эффективность геля в коррекции микроциркуляторных нарушений и эндотелиальной дисфункции у крыс с экспериментальным пародонтитом. Эксперимент был проведен на 40 крысах, разделенных на группы: контрольную, сравнения (животные с экспериментальным пародонтитом (ЭП)), плацебо (крысы с ЭП, которым наносили гель с микрокапсулами, содержащими наночастицы серебра (AgNP)), опытную (животные с ЭП, которым проводили аппликации геля, с AgNP и загрузкой метронидазола). Микроциркуляцию исследовали с помощью метода лазерной доплеровской флоуметрии. Концентрации маркеров дисфункции эндотелия в сыворотке крови определяли с помощью ИФА. Обнаружено, что после применения геля, содержащего капсулы с AgNP и метронидазолом восстанавливаются параметры механизмов активной и пассивной модуляции кровотока. Биохимическим методом было выявлено, что загрузка метронидазола в микрокапсулы вызывает снижение концентрации маркеров эндотелиальной дисфункции в кровотоке. Таким образом, метронидазол в микрокапсулах повышает эффективность применения геля в коррекции микроциркуляторных нарушений в десне и системные проявления эндотелиальной дисфункции у крыс с экспериментальным пародонтитом.

Ключевые слова: микроциркуляция, пародонтит, эндотелиальная дисфункция.

INFLUENCE OF A GEL WITH MICROCAPSULES LOADED WITH METRONIDAZOL ON THE STATE OF THE GINGIVAL MICROCIRCULATION BED AND MANIFESTATIONS OF ENDOTHELIAL DYSFUNCTION IN ANIMALS WITH PERIODONTITIS

A.A. Savkina, E.V. Lengert, A.V. Ermakov, T.V. Stepanova, D.D. Loiko

Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky; 112 B. Kazachya str., Saratov, 41012, Russia

The aim of this work was to study the effect of loading metronidazole into microcapsules with silver nanoparticles on the effectiveness of the gel in correcting microcirculatory disorders and endothelial dysfunction in rats with experimental periodontitis. The experiment was carried out on 40 rats divided into groups: control, comparison (animals with experimental periodontitis (EP)), placebo (rats with EP, which were treated with a gel containing microcapsules with silver nanoparticles (AgNP)), experimental (animals with EP, which underwent applications gel, with AgNP loaded with metronidazole). Microcirculation was studied using the method of laser Doppler flowmetry. The concentrations of markers of endothelial dysfunction in blood serum were determined using ELISA. It was found that after the application of the gel containing capsules with AgNP and metronidazole, the parameters of the mechanisms of active and passive modulation of blood flow restore. The biochemical method revealed that the loading of metronidazole into microcapsules causes a decrease in the concentration of markers of endothelial dysfunction in the bloodstream. Thus, metronidazole in microcapsules increases the effectiveness of the gel in the correction of microcirculatory disorders in the gums and systemic manifestations of endothelial dysfunction in rats with experimental periodontitis.

Key words: microcirculation, periodontitis, endothelial dysfunction.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ СИМПАТИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ ТОНУСА СОСУДОВ И ПОТОВЫХ ЖЕЛЕЗ МЕТОДОМ ИНФРАКРАСНОЙ ТЕРМОГРАФИИ

Сагайдачный А.А., Майсков Д.И., Фомин А.В., Залетов И.С., Скрипаль А.В.

ФГБОУВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского», Россия, 410012 Саратов, ул. Астраханская 83.

Введение

При создании условий симпатической активации периферической нервной системы может изменяться не только тонус мышечного слоя кровеносных сосудов, но и происходить увеличение интенсивности работы потовых желез. Оба эффекта создают на поверхности кожи температурный отклик на симпатическую активацию, поэтому метод инфракрасной термографии перспективен в отношении количественной визуализации пространственно-временного распределения амплитуды колебаний гемодинамики и детектирования активных потовых желез. Нарушение функционирования потовых желез может свидетельствовать о повреждении симпатических холинергических нервных волокон, например, в случае диабетической периферической нейропатии.

Материал и методы исследования

В качестве метода симпатической стимуляции использовалась проба с глубоким вдохом. Для регистрации симпатического ответа использовалась область дистальной фаланги пальцев рук. Динамика температуры кожи регистрировалась с помощью охлаждаемого тепловизора с чувствительностью 0.02°C. Для выделения областей пор на термограмме выполнялась обработка кадров методом дифференцированной термографии. Проводилось накопление информации об активности потовых желез в одном кадре – интегральном изображении. Исследование проведено в группе нормы и группе пациентов с сахарным диабетом 2 типа.

Результаты

Показано уменьшение количества и плотности активных потовых желез в группе пациентов с сахарным диабетом. Это может свидетельствовать о нарушении симпатической иннервации и развитии нейропатии верхних конечностей. Представлен метод разделения температурного сигнала на две компоненты, одна из которых обусловлена гемодинамикой, другая - активностью потовых желез.

Заключение

Описанный метод визуализации обеспечивает возможность проведения отдельного исследования симпатической активации кровеносных сосудов и потовых желез. Обработка термограмм методом дифференцированной термографии и построение интегрального изображения позволяет определить области сохранной и нарушенной симпатической иннервации.

Ключевые слова: термография, симпатическая иннервация, гемодинамика

IMAGING OF SYMPATHETIC ACTIVATION OF VESSELS AND SWEAT GLANDS BY INFRARED THERMOGRAPHY

A.A. Sagaidachnyi, D.I. Mayskov, A.V. Fomin, I.S. Zaletov, A.V. Skripal

Saratov National Research State University named after N.G. Chernyshevsky, 410012 Saratov, Astrakhan str. 83, Russia.

Abstract. The method of infrared thermography was used to visualize the sympathetic response of the skin of the hands during the test with a deep breath. Thermograms were processed by differentiated thermography which made it possible to detect individual sweat pores. The study was conducted in a group of healthy volunteers and a group of patients with type 2 diabetes mellitus. A decrease in the density of sweat glands in the group of patients was established. The proposed method for processing thermograms makes it possible to evaluate the spatial distribution of intact or impaired sympathetic innervation on the skin surface.

Keywords: thermal imaging, sympathetic innervation, hemodynamics.

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОКАМЕРНОГО ПОЛИЛАКТИДНОГО ПОКРЫТИЯ ЗАГРУЖЕННОГО ПЕРКАРБОНАТОМ НАТРИЯ ДЛЯ МОДУЛЯЦИИ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ ПРИ РЕГЕНЕРАЦИИ ТКАНЕЙ КОЖИ

Сахань М.А., Ермаков А.В., Ленгерт Е.В., Степанова Т.В., Савкина А.А., Лойко Д.Д., Кириязи Т.С.

Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского; Россия, 41012, Саратов, ул. Б. Казачья, 112

Статья посвящена анализу механизмов модуляции микрокровотока при применении микрокамерного полилактидного покрытия загруженного перкарбонатом натрия в области острой экспериментальной кожной раны. Оценка микроциркуляции проводилась методом лазерной доплеровской флоуметрии. Установлено, что применение покрытия позволяет эффективно нормализовать перфузию тканей в области раневого дефекта, что отражается в нормализации перфузионного показателя. Применение полимера молочной кислоты в качестве основы раневого покрытия в области острой экспериментальной кожной раны, способствует нормализации нормированных амплитуд эндотелиальных и миогенных колебаний. Загрузка микрокамер полилактида перкарбонатом натрия позволила к 14-ым суткам частично нормализовать амплитуды пульсовых и дыхательных колебаний.

Таким образом, результаты эксперимента показали, что применение комбинации полимолочной кислоты и перкарбоната натрия позволяет влиять на все механизмы модуляции микрокровотока: полилактид – за счет влияния на активные механизмы, перкарбонат натрия - за счет влияния на пассивные механизмы.

Ключевые слова: микроциркуляция, лазерная доплеровская флоуметрия, полилактид, раневые покрытия, перкарбонат натрия.

APPLICATION OF MICROCAMERA POLYLACTIDE COATING LOADED WITH SODIUM PERCARBONATE FOR MODULATION OF MICROCIRCULATION DURING SKIN TISSUE REGENERATION

M.A. Sakhan, T.V. Ermakov, E.V. Lengert, A.V. Stepanova, A.A. Savkina, D.D. Loiko, T.S. Kiriyaзи
Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky; 112 B. Kazachya str., Saratov,
41012, Russia

The article is devoted to the analysis of the mechanisms of microcirculation modulation when using a microchamber polylactide coating loaded with sodium percarbonate in the area of an acute experimental skin wound. Microcirculation was assessed by laser Doppler flowmetry. It was found that application of the coating provide effectively normalization of tissue perfusion in the area of the wound defect, which is reflected in the normalization of the perfusion index. It was established that the use of a lactic acid polymer as a wound dressing in the area of an acute experimental skin wound contributes to the normalization of the normalized amplitudes of endothelial and myogenic fluctuations. Loading polylactide microchambers with sodium percarbonate cases partial normalization of the pulse and respiratory oscillations amplitudes by the 14th day.

Thus, the results of the experiment showed that the use of a combination of polylactic acid and sodium percarbonate makes it possible to influence all mechanisms of microcirculation modulation: polylactide - due to the influence on active mechanisms, sodium percarbonate - due to the influence on passive mechanisms.

Key words: microcirculation, laser Doppler flowmetry, polylactic acid, wound coverings, Sodium percarbonate.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ВЯЗКОСТИ КРОВИ НА АРТЕРИАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ У НОРМОТЕНЗИВНЫХ И СПОНТАННО ГИПЕРТЕНЗИВНЫХ КРЫС

Сидехменова А.В., Алиев О.И., Анищенко А.М., Дунаева О.И., Уляхина О.А., Плотников М.Б.
НИИФиРМ имени Е.Д. Гольдберга Томского НИМЦ, Россия, 634028, Томск, пр. Ленина, 3

Артериальная гипертензия сопровождается синдромом повышенной вязкости крови, который вносит вклад в увеличение общего периферического сопротивления. Однако существует механизм взаимодействия вязкости крови и сосудистого эндотелия, благодаря которому небольшое увеличение вязкости крови вызывает повышение напряжения сдвига на эндотелии, что оказывает сосудорасширяющее действие и сопровождается снижением артериального давления. Цель работы: исследование реакции артериального давления в ответ на изменение вязкости крови у нормотензивных крыс Вистар и крыс линии SHR. Уменьшение/увеличение вязкости крови проводили с помощью изоволюмической гемодилуции/гемоконцентрации (эквивалентная замена 10 % циркулирующей крови на плазму/эритроцитарную массу). Артериальное давление регистрировали с помощью системы MP150 ("Biopac Systems, Inc", США). Вязкость цельной крови измеряли на ротационном вискозиметре Brookfield DV-II+Pro ("Brookfield Engineering Labs Inc.", США) на скорости сдвига 450 c^{-1} . Гемодилуция вызывала одинаковое снижение вязкости крови на 16% у крыс Вистар и SHR. Гемоконцентрация повышала вязкость крови у крыс Вистар на 15%. У крыс Вистар уменьшение/увеличение вязкости не приводило к статистически значимому изменению среднего артериального давления. До и после гемодилуции/гемоконцентрации статистически значимые корреляции между вязкостью крови и артериальным давлением у крыс Вистар отсутствовали. У крыс линии SHR снижение вязкости крови приводило к статистически значимому снижению артериального давления на 18%. Выявлены корреляции между артериальным давлением и вязкостью крови у крыс SHR до и после гемодилуции ($r = +0,63$, $p = 0,028$ и $r = +0,71$, $p = 0,009$ соответственно). Различия корреляционных связей вязкости крови и среднего артериального давления у нормотензивных животных и крыс линии SHR позволяют предполагать, что у спонтанно гипертензивных крыс имеется нарушение регуляции тонуса сосудов в ответ на изменение сдвигового напряжения на сосудистом эндотелии.

Ключевые слова: Артериальное давление, вязкость крови, нормотензивные крысы, спонтанно гипертензивные крысы.

Работа поддержана грантом Российского научного фонда № 23-25-00175,
<https://rscf.ru/project/23-25-00175/>

INFLUENCE OF CHANGES IN BLOOD VISCOSITY ON ARTERIAL PRESSURE IN NORMOTENSIVE AND SPONTANEOUSLY HYPERTENSIVE RATS

A.V. Sidekhmenova, O.I. Aliyev, A.M. Anishchenko, O.I. Dunaeva, O.A. Ulyakhina, M. B. Plotnikov

Research Institute of Forms named after E.D. Goldberg Tomsk University, Russia, 634028, Tomsk, Lenin Ave., 3

Abstract. The aim of this work is to study the reaction of blood pressure in response to changes in blood viscosity in normotensive Wistar rats and SHR. Before and after hemodilution/hemoconcentration, there were no statistically significant correlations between blood viscosity and arterial pressure in Wistar rats. Correlations were found between blood pressure and blood viscosity in SHR rats before and after hemodilution ($r = +0.63$, $p = 0.028$ and $r = +0.71$, $p = 0.009$, respectively). Differences in the correlations between blood viscosity and mean arterial pressure in normotensive animals and SHR suggest that spontaneously hypertensive rats have dysregulation of vascular tone in response to changes in shear stress on the vascular endothelium.

Key words: Arterial pressure, blood viscosity, normotensive rats, spontaneously hypertensive rats.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТЕРАПИИ НА СОСТОЯНИЕ СИСТЕМЫ ПРОТЕИНА С У ПАЦИЕНТОВ РН-НЕГАТИВНЫМИ МИЕЛОПРОЛИФЕРАТИВНЫМИ НОВООБРАЗОВАНИЯМИ

Силина Н.Н., Корсакова Н.Е., Головина О.Г., Матвиенко О.Ю.

ФГБУ Российский НИИ гематологии и трансфузиологии ФМБА России, Санкт-Петербург, Россия

Ключевые слова: Ph-негативные миелопролиферативные новообразования, антиагрегантная терапия, циторедуктивная терапия, система протеина С.

Введение: Ph-негативные миелопролиферативные новообразования (МПН) – группа заболеваний клональной природы, частым клиническим проявлением которых является развитие тромботических осложнений, которые могут служить причиной летального исхода ~ в 30-50% случаев.

Материалы и методы: Обследовано 99 пациентов с МПН, получающих терапию только препаратами ацетилсалициловой кислоты (АСК) и в комбинации с циторедуктивными и таргетными препаратами. С истинной полицитемией (ИП) было 38 пациентов, с эссенциальной тромбоцитемией (ЭТ) – 32, с первичным миелофиброзом (ПМФ) – 29 больных. Группа сравнения состояла из 43 здоровых лиц. Определяли активность протеина С (РС), уровень свободного протеина S (PS) и чувствительность к тромбомодулину (ТМ) как процент падения показателей эндогенного потенциала тромбина (% падения ЕТР) и пиковой концентрации тромбина (% падения Peak thrombin) после добавления ТМ, в тесте генерации тромбина. Снижение чувствительности к ТМ свидетельствует о нарушении эффективности работы системы протеина С и является известным фактором риска развития тромботических осложнений. Использовали программы Microsoft Excel и STATISTICA 12.0.

Результаты: У всех больных МПН отмечалось значимое снижение уровня свободного протеина S, наиболее выраженное у пациентов с ИП, получающих сочетанную терапию (78,00; 68,00 – 85,00% против 87,50; 80,00 – 94,75% на терапии АСК против 100,00; 89,50 – 107,00% в группе сравнения), тогда как активность РС была достоверно снижена относительно группы контроля лишь у больных ИП, получающих АСК (87,50; 75,75 – 105,50% против 100,60; 92,00 – 114,00% соответственно). Снижение эффективности работы системы протеина С подтверждается достоверным снижением чувствительности к ТМ во всех группах пациентов, наиболее выраженное, также, у пациентов с ИП, принимающих как антиагреганты, так и циторедуктивные препараты (% падения ЕТР: 29,57; 25,38 – 36,13% против 43,80; 31,02 – 48,83% на терапии АСК против 52,80; 47,83 – 57,67% в группе сравнения и % падения Peak thrombin: 14,29; 10,35 – 17,82% против 20,70; 17,18 – 31,88% у пациентов только на антиагрегантной терапии против 42,13; 36,20 – 47,00% в контрольной группе).

Заключение: У больных МПН наблюдается снижение эффективности работы системы протеина С, что является признаком гиперкоагуляции и наиболее выражено при использовании комбинированной терапии. Оценка гемостатического баланса позволит персонализировать подход к выявлению предикторов развития тромбоза и назначению профилактических мероприятий.

INFLUENCE OF THERAPY ON THE STATE OF THE PROTEIN C SYSTEM IN PATIENTS WITH PH-NEGATIVE MYELOPROLIFERATIVE NEOPLASMS

Silina N.N., Korsakova N.E., Golovina O.G., Matvienko O.Yu.

FSBI Russian Research Institute of Hematology and Transfusiology, FMBA of Russia, St. Petersburg, Russia

99 patients with MPN on antiplatelet therapy and cytoreductive and targeted drugs were examined. The activity of protein C, the level of free protein S and sensitivity to thrombomodulin were measured. There is a decrease in the efficiency of the protein C system and is most pronounced on combination therapy.

Key words: Ph-negative myeloproliferative neoplasms, antiplatelet therapy, cytoreductive therapy, the protein C system.

РЕАКЦИЯ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО РУСЛА НА КИСЛОРОДНО-ГЕЛИЕВУЮ ТЕРАПИЮ У ПАЦИЕНТОВ С ТЯЖЕЛЫМ ТЕЧЕНИЕМ ВИРУСНОЙ ПНЕВМОНИИ, ВЫЗВАННОЙ COVID-19, С ОТЯГОЩЕННЫМ И НЕОТЯГОЩЕННЫМ АНАМНЕЗОМ СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙСкедина М.А.¹, Ковалева А.А.¹, Мануйлов В.М.², Косов А.А.²¹ ГНЦ РФ-ИМБП РАН, Россия, 123007 Москва, Хорошевское ш. 76А² Московская областная больница им. проф. В.Н. Розанова, Россия, 141206 Пушкино, Московская область, Авиационная, 35

Ключевые слова: COVID-19, кислородно-гелиевая смесь, артериальная гипертония, сахарный диабет, микроциркуляторное русло, ультразвуковое исследование.

Введение. Терапия термической кислородно-гелиевой смесью (КГС) с успехом применяется для лечения больных с гипоксемической формой дыхательной недостаточности, эффективна при лечении тяжелых пневмоний, хронической обструктивной болезни легких, в лечении артериальной гипертонии (АГ), др. заболеваний.

Пациенты, имеющие сопутствующие заболевания, такие как АГ и сахарный диабет (СД) находятся в группе высокого риска при развитии вирусной пневмонии COVID-19 и имеют высокую вероятность развития декомпенсации сердечно-сосудистых заболеваний.

Изучали реакцию микроциркуляторного русла (МЦР) на терапию термической КГС у пациентов с тяжелым течением вирусной пневмонии (COVID-19), КТ- 3, 4 с отягощенным и неотягощенным анамнезом сосудистых заболеваний.

Методы исследования. Обследованы пациенты (32-74 лет), находящиеся в отделении реанимации. Показатели кровотока в МЦР регистрировали ультразвуковым доплерографом «Минимакс-Допплер-К» датчиком 20 МГц на ногтевом валике большого пальца руки. Терапия КГС (O₂ - 30%, He - 70%, t = +95°C) осуществлялась при помощи аппарата «Ингалит-В2-01», 5 мин ингаляции, 5 мин отдыха – 3 цикла (до 4 раз в сут). Пациенты без отягощенного анамнеза составили 1 группу (8); пациенты с АГ 1-2 степени - 2 группу (11); с АГ 1-2 степени и СД II типа - 3 группу (11).

Результаты. До лечения у всех пациентов показатели кровотока находились на низком уровне. После сеанса КГС у пациентов 1 группы положительная динамика: возрастает кровоток в артериоларно-венулярном звеньях МЦР, нормализуется тонус микрососудов, снижается ЧСС. Эффект терапии КГС длительный. У пациентов 2 группы также положительная реакция: увеличивается артериоларный и капиллярный кровоток, улучшается венозный отток, снижается периферическое сопротивление. Положительный эффект длительный. У пациентов 3 группы положительный эффект проявляется на 5 сут, сохраняется кратковременно.

Заключение. Применение термической КГС в составе комплексной терапии при лечении вирусной пневмонии носит положительный эффект, но в зависимости от тяжести сопутствующих заболеваний эффект может быть различной степени выраженности.

MICROCIRCULATORY RESPONSE TO OXYGEN-HELIUM THERAPY IN PATIENTS WITH SEVERE COVID-19 VIRUS PNEUMONIA WITH A COMPLICATED AND UNCOMFORTABLE HISTORY OF VASCULAR DISEASESM.A. Skedina¹, A.A. Kovaleva¹, V.M. Manuilov², A.A. Kosov²¹ SSC RF-IMBP RAS, Russia, 123007 Moscow, Khoroshevskoe sh. 76A² Moscow Regional Hospital named after prof. V.N. Rozanov, Russia, 141206 Pushkino, Moscow region, Aviation, 35

We studied the response of the microvasculature to oxygen-helium mixture (OHM) therapy in patients diagnosed with viral pneumonia, severe course of COVID-19. There were 8 patients with an uncomplicated anamnesis, 11 with AH1-2 degree, 11 with AH1-2 degree and type II DM. OHM therapy (O₂ - 30%, He - 70%, t = +95°C), 5 min breathing, 5 min rest - 3 cycles. OHM therapy has a positive effect, depending on the severity of concomitant diseases, the effect of varying degrees.

Keywords: COVID-19, oxygen-helium mixture, arterial hypertension, diabetes mellitus, microvasculature, ultrasound.

ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ПОКАЗАТЕЛИ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ СТУДЕНТОК, ПРОЖИВАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИЯХ С РАЗНОЙ РАДИАЦИОННОЙ НАГРУЗКОЙ

Скорозвон М.С., Чернявских С.Д.

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»; Россия, 308015 г. Белгород, ул. Победы, 85

Статья посвящена изучению влияния функциональной пробы на показатели сердечно-сосудистой системы студенток, проживающих на территориях с разной радиационной нагрузкой. Радиоактивные вещества характеризуются способностью накапливаться в организме человека и достигать показателей, которые считаются небезопасными для здоровья. В наибольшей степени данный фактор оказывает воздействие на систему кровообращения, которая является индикатором адаптационных реакций целостного организма. Были сформированы две группы студенток НИУ «БелГУ»: 1 группа – контрольная – девушки, местом рождения и проживания которых до поступления в университет являлись районы, не попавшие под действие радиоактивного загрязнения; 2 группа – опытная – испытуемые, родившиеся и проживающие до начала обучения в ВУЗе на территориях, попавших под радиационное воздействие. В качестве функциональной нагрузки использовали пробу С.П. Летунова. С помощью непарного t-критерия Стьюдента определена достоверность различий между значениями признаков сравниваемых групп. В результате исследования установлено, что после нагрузки у обучающихся второй группы средние параметры систолического и диастолического артериального давления были ниже на 4,87% и 6,76%, пульсового давления и частоты сердечных сокращений на 2,36% и 3,04%, соответственно, по сравнению со значениями девушек первой группы. Таким образом, малые дозы ионизирующего излучения способствуют снижению значений показателей сердечно-сосудистой системы студенток, что свидетельствует об отрицательном влиянии данного фактора на систему кровообращения.

Ключевые слова: система кровообращения, студентки, радиационная нагрузка

THE INFLUENCE OF PHYSICAL ACTIVITY ON THE INDICATORS OF THE CIRCULATORY SYSTEM OF FEMALE STUDENTS LIVING IN AREAS WITH DIFFERENT RADIATION LOADS

M.S. Skorozvon, S.D. Chernyavskikh

Belgorod State National Research University; Russia, 308015 Belgorod, Pobedy str., 85

Abstract. The article is devoted to the study of the effect of a functional test on the indicators of the cardiovascular system of female students living in territories with different radiation loads. Two groups of students of the National Research University "BelSU" were formed: 1 group – control – girls whose place of birth and residence before entering the university were areas that did not fall under the influence of radioactive contamination; 2 group – experimental – subjects who were born and living before the start of their studies at the University in the territories that came under radiation exposure. S.P. Letunov's sample was used as a functional load. As a result of the study, it was found that after the load of the students of the second group, the average parameters of systolic and diastolic blood pressure were lower by 4.87% and 6.76%, respectively, compared with the values of the girls of the first group. Also, the second group of subjects had a decrease in the values of pulse pressure by 2.36% and heart rate by 3.04%, compared to the students of the first group. Thus, small doses of ionizing radiation contribute to a decrease in the values of the cardiovascular system of female students, which indicates a negative effect of this factor on the circulatory system.

Keywords: circulatory system, students, radiation load.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДА ЛАЗЕРНОЙ ФЛОУМЕТРИИ И МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ ГЕМОДИНАМИКИ ПО ФОРМЕ ПУЛЬСОВОЙ ВОЛНЫСкрипаль А.В.¹, Бахметьев А.С.², Усанов А.Д.¹, Машков К.В.¹, Сагайдачный А.А.¹¹СГУ им. Н.Г. Чернышевского,²СГМУ имени Разумовского, Саратов, Россия

Проведен сравнительный анализ методов фотоплетизмографии (ФПГ), ультразвуковой доплерографии и лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) на примере диагностики периферической гемодинамики при бионагреве тканей верхних конечностей. Тепловая проба проводилась путем нагревания области предплечья до 40-45°C в течение 5 минут. Фотоплетизмографические измерения осуществлялись с использованием датчика ФПГ Elecrow (Китай). Ультразвуковые измерения проводились с использованием ультразвукового сканера EDAN U50 (Китай). Исследования гемодинамических параметров осуществлялись с использованием лазерного анализатора микроциркуляции крови ЛАЗМА-ПФ (ООО НПП "ЛАЗМА", РФ). Группа обследуемых включала добровольцев 20-22 лет не страдающих сердечно-сосудистой патологией. Изменение амплитуды ФПГ сигнала позволяет получить информацию о кровенаполнении микроциркуляторного русла. Проведенные измерения показали, что изменение фотоплетизмограммы при бионагреве связано с уменьшением резистентности артериальных сосудов, определяемой по изменению индекса отражения. Ультразвуковая доплерография позволяет зарегистрировать изменение скорости движения крови по артериальным сосудам. Наблюдалось увеличение как скорости артериального кровотока, так и величины объемного кровотока при нагреве области предплечья. При этом наблюдалось уменьшение величины ретроградного кровотока и, как следствие, уменьшение индекса резистентности, причем наблюдалась значительно более выраженная динамика изменения формы доплерограммы по сравнению с динамикой формы ФПГ. Лазерная доплеровская флоуметрия позволяет измерить величину перфузии и провести спектральный анализ ритмов колебаний артериального кровотока. При нагревании расширение мелких артерий приводит к увеличению индекса перфузии, при этом спектральный анализ ритмов колебаний кровотока свидетельствует об уменьшении тонуса сосудистой системы в нейрогенном и миогенном диапазоне ритмов колебаний артериального кровотока.

Ключевые слова: лазерная доплеровская флоуметрия, ультразвуковая доплерография, фотоплетизмография, микроциркуляторное русло, периферическая гемодинамика.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE METHOD OF LASER FLOWMETRY AND METHODS OF DIAGNOSIS OF PERIPHERAL HEMODYNAMICS BY PULSE WAVE SHAPEA.V. Skripal¹, A. S. Bakhmetyev², A.D. Usanov¹, K.V. Mashkov¹, A.A. Sagaidachny¹¹N.G. Chernyshevsky SSU,²Razumovsky SSMU, Saratov, Russia

Abstract. A comparative analysis of the methods of photoplethysmography, ultrasound Dopplerography and laser Doppler flowmetry on the example of the diagnosis of peripheral hemodynamics during bioheating of the tissues of the upper extremities was carried out. It is shown that the change in the photoplethysmogram is associated with a decrease in the resistance of arterial vessels. Measurements of ultrasound Dopplerography have shown that there is a decrease in the magnitude of retrograde blood flow and a decrease in the resistance index. An increase in the perfusion index, measured by laser flowmetry, is associated with vasodilatation of arterioles, and spectral analysis of blood flow rhythms indicates a decrease in the tone of the vascular system in the neurogenic and myogenic range of arterial blood flow rhythms.

Keywords: laser Doppler flowmetry, ultrasound dopplerography, photoplethysmography, microcirculatory bed, peripheral hemodynamics.

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ КЛИНИКО-ЛАБОРАТОРНОЙ ДИАГНОСТИКИ АНТИФОСФОЛИПИДНОГО СИНДРОМА

Смирнова О.А., Корсакова Н.Е.

ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт гематологии и трансфузиологии
Федерального медико-биологического агентства России», Россия, 191024, Санкт-Петербург, ул.
2я Советская, д. 16.

Антифосфолипидный синдром (АФС) является приобретенным тромбофилическим заболеванием, связанным с продукцией аутоантитела к фосфолипидам мембран клеток. Диагноз АФС можно установить только при наличии совокупности клинических и лабораторных критериев.

Клиническими критериям АФС являются:

1. сосудистый тромбоз: один или более клинических эпизодов артериального, венозного или тромбоза мелких сосудов в любой ткани или органе, подтвержденный воспроизведением изображения или доплеровским исследованием или морфологически.
2. патология беременности: один или более случаев внутриутробной гибели морфологически нормального плода после 10 недель гестации; или один или более случаев преждевременных родов морфологически нормального плода до 34 недель гестации из-за выраженной преэклампсии или эклампсии; или три или более последовательных случаев спонтанных аборт до 10 недель гестации.

Лабораторными критериями АФС являются:

1. Антитела к кардиолипину IgG и/или IgM, выявляемые в сыворотке в средних или высоких титрах по крайней мере 2 раза с промежутком не менее 12 недель, с помощью стандартизованного иммуноферментного метода.
2. Антитела к β 2-гликопротеину I IgG и/или IgM, выявляемые в сыворотке в титре более 99ого перцентиле здоровой популяции по крайней мере 2 раза с промежутком не менее 12 нед, с помощью стандартизованного иммуноферментного метода.
3. Волчаночный антикоагулянт в плазме в двух или более случаях исследования с промежутком не менее 12 недель с помощью комплекса из скринингового, подтверждающего и корректирующего коагулологических тестов в соответствии с требованиями Международного общества изучения тромбозов и гемостаза.

АФС диагностируется при наличии минимум одного клинического и одного серологического критерия. Подтверждение наличия выявленных АФА должно в обязательном порядке проводиться через 12 недель. Нельзя установить диагноз АФС если положительные лабораторные результаты и клинические проявления разделяют менее 12 недель или более 5 лет.

Ключевые слова: антифосфолипидный синдром, критерии диагностики.

THE MAIN ISSUES OF CLINICAL AND LABORATORY DIAGNOSIS OF ANTIPHOSPHOLIPID SYNDROME

Smirnova O.A., Korsakova N.E.

"Russian Research Institute of Hematology and Transfusiology of the Federal Medical and Biological Agency of Russia", Russia, 191024, St. Petersburg, 2nd Sovetskaya str., 16.

Abstract. Antiphospholipid syndrome (APS) is an autoantibody-mediated acquired thrombophilia. It is characterized by the presence of antiphospholipid antibodies that are directed against phospholipid-binding plasma proteins. Its main manifestations are recurrent vascular thromboses (so-called "thrombotic APS") and pregnancy complications ("obstetric APS").

Keywords: antiphospholipid syndrome, current consensus criteria.

ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИИ ЭНДОТЕЛИЯ И МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КРОВИ У ЗДОРОВЫХ И ПАЦИЕНТОВ С ФИБРИЛЛЯЦИЕЙ ПРЕДСЕРДИЙ И ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА

Советников Е.Н.¹, Гурфинкель Ю.И.¹, Дячук Л.И.¹, Луговцов А.Е.², Романова А.А.², Приезжев А.В.²

¹ Медицинский Научно-Образовательный центр, МГУ им. М. В. Ломоносова. Москва Россия, Москва, ² Физический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова. Россия, Москва,

Эндотелиальная функция (ЭФ) – это результат работы клеток выстилающих внутреннюю поверхность сосудов. Снижение ЭФ ассоциируется с повышенным риском сердечно-сосудистых событий и признается одним из пусковых механизмов развития сердечно-сосудистых осложнений. Цель работы: выявить взаимосвязь между нарушениями реологических свойств крови, в частности агрегации эритроцитов, параметров микроциркуляции крови и ЭФ у здоровых добровольцев (25 чел., средний возраст 40,4±23,9) и пациентов с фибрилляцией предсердий (ФП, 27 чел.), а также у пациентов с ИБС (17 чел.). Средний возраст пациентов составил 72,6±10 года. Все пациенты получали оральные антикоагулянты. Исследования параметров микроциркуляции осуществлялось с помощью прибора Капилляроскан-1 (Россия) с использованием нейросетей для цифровой обработки изображения. Жесткость артерий и ЭФ определяли методом пульсовой тонометрии прибором Ангиочек (Россия). В целом в обеих группах пациентов с ФП и ИБС (44 чел.) ЭФ на артериях плеча и запястья при проведении пробы Целермаера была значимо снижена по сравнению со здоровыми людьми. Полученные результаты показали взаимосвязь между количеством агрегатов и ЭФ у пациентов с ФП и ИБС. Снижение ЭФ ассоциировалось с повышением количества агрегатов у пациентов обеих групп.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РНФ № 22-15-00120.

Ключевые слова: эндотелиальная функция, агрегация эритроцитов, капилляроскопия, ишемическая болезнь сердца, фибрилляция предсердий, оральные антикоагулянты.

PARALLEL STUDY OF ENDOTHELIAL FUNCTION AND BLOOD MICROCIRCULATION IN HEALTHY INDIVIDUALS AND PATIENTS SUFFERING FROM ATRIAL FIBRILLATION AND CORONARY HEART DISEASE

E.N. Sovetnikov¹, Yu.I. Gurfinkel¹, L.I. Dyachuk¹, A.A. Romanova², A.E. Lugovtsov², A.V. Priezzhev²

¹Medical Research and Education Center, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia;

²Faculty of Physics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Impairment of endothelial function (EF) is associated with an increased risk of cardiovascular events and is recognized as one of the triggers for the development of cardiovascular complications. Microcirculation parameters were studied using Capillaroscan-1 device (Russia) implementing neural networks for digital image processing. Arterial stiffness and endothelial function were determined by pulse tonometry with the Angiochek device (Russia). In general, in groups of patients atrial fibrillation (AF) and coronary heart disease (CHD) (44 people), EF of the arteries of the shoulder and wrist during the Zelermeier test was significantly impaired compared to the healthy people group (25 people). The obtained results show that the number of RBC aggregates in the capillaries and the endothelial function in patients AF and CHD are correlated. The impairment of EF is associated with an increase in the number of aggregates in the capillary bed of patients in both groups.

Keywords: red blood cell aggregation, endothelial function, capillaroscopy, coronary heart disease, atrial fibrillation, oral anticoagulants.

ПАТОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МОЗГОВОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ ПРИ РАЗВИТИИ МЕТАБОЛИЧЕСКОГО СИНДРОМА И САХАРНОГО ДИАБЕТА 2 ТИПА

Соколова И.Б.

Институт физиологии им. И. П. Павлова РАН, Россия, 188680 Лен. обл., с. Павлово, ул. Быкова, 36

Эксперты ВОЗ охарактеризовали метаболический синдром (МС) как пандемию XXI века. Повышенное потребление высококалорийной пищи может привести к сахарному диабету 2 типа (СД2). Риск развития деменции при СД2 составляет около 45 %. Цель исследования: выяснить какие патологические изменения происходят в церебральной циркуляции при МС и СД2. Экспериментальный МС у крыс был сформирован с помощью 3-х месячной высокожировой диеты. Для развития СД2 на фоне такой диеты крысам был введен стрептозотоцин в дозе 35 мг/кг. Контроль - животные на стандартной диете. С помощью прижизненной фотосъемки изучали реакцию пиальных артерий на ацетилхолин (АХ), блокатор K_{ATP} -каналов глибенкламид и АХ на фоне действия глибенкламида. Развитие МС и СД2 привело к повышению уровня глюкозы в крови до $10,8 \pm 0,8$ и $16 \pm 0,9$ ммоль/л соответственно, развитию инсулинорезистентности и значительному набору висцерального жира. У крыс с СД2 проявилась толерантность к глюкозе; в головном мозге был отмечен высокий уровень индуцибельной NO-синтазы, что свидетельствовало о развитии воспалительной реакции. По сравнению с контролем у крыс с МС и СД2 число расширившихся артерий на воздействие АХ снижалось в 1,2 – 1,6 и 1,6 – 2,3 раза соответственно; под воздействием глибенкламида число сузившихся артерий уменьшилось в 1,3 – 2,3 раза и дилататорная реакция на АХ не блокировалась. Заключение: МС и СД2 приводят к развитию эндотелиальной дисфункции, уменьшению участия K_{ATP} -каналов в поддержании сосудистого тонуса и формировании эндотелий-зависимой дилатации.

Ключевые слова: метаболический синдром, сахарный диабет 2 типа, пиальные артерии, эндотелиальная дисфункция, K_{ATP} -каналы.

PATHOLOGICAL CHANGES IN CEREBRAL CIRCULATION DURING THE DEVELOPMENT OF METABOLIC SYNDROME AND TYPE 2 DIABETES MELLITUS

I.B. Sokolova

Институт физиологии им. И. П. Павлова РАН, Россия, 188680 Лен. обл., с. Павлово, ул. Быкова, 36

This study aims to examine what pathological changes occur in the cerebral circulation during the development of metabolic syndrome (MS) and type 2 diabetes mellitus (T2DM). MS was formed in rats using a 3 months high-fat diet; amid such a diet, streptozotocin was administered (35 mg/kg) to develop T2DM. Control animals were kept on a standard diet.

Using intravital photography, we studied the reaction of pial arteries to the acetylcholine (ACh), K_{ATP} channel blocker glibenclamide, and ACh against a background of GB action. As a result of MS and T2DM development, glucose levels increased in blood to 10.8 ± 0.8 and 16 ± 0.9 mmol/l respectively, insulin resistance developed and visceral fat increased significantly. T2DM also led to glucose tolerance; in the brain, a high level of inducible NO-synthase was noted indicating the development of an inflammatory reaction. The number of arteries dilated to ACh exposure and narrowed to glibenclamide decreased.

MS and T2DM lead to the development of endothelial dysfunction, a decrease in the participation of K_{ATP} channels in the formation of vascular tone, and the formation of endothelium-dependent dilatation.

Keywords: metabolic syndrome, type 2 diabetes mellitus, pial arteries, endothelial dysfunction, K_{ATP} channels.

**ВЛИЯНИЕ ОРТОСТАЗА НА РЕГУЛЯЦИЮ МИКРОГЕМОДИНАМИКИ КОЖИ
ВЕРХНИХ И НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ПРИ САХАРНОМ ДИАБЕТЕ 2 ТИПА**

Танканаг А.В., Тихонова И.В., *Гусева И.Е., Гриневич А.А.

Институт биофизики клетки Российской академии наук - обособленное подразделение ФГБУН
ФИЦ ПНЦБИ РАН, Россия, 142290, Пущино, ул. Институтская, 3

* ФГАУЗ Больница Пущинского научного центра РАН

Концепция сетевой физиологии рассматривает организм как многоуровневую сеть связанных органов и регуляторных систем, нормальное взаимодействие между которыми нарушается при заболеваниях, в частности, при сахарном диабете 2 типа (СД2Т). Наиболее часто диагностируемые осложнения при СД2Т связаны с нарушением кожной микроциркуляции. Микрососудистые дисфункции приводят к более тяжелым осложнениям, поэтому остается актуальным поиск неинвазивных методик ранней диагностики, когда патологические изменения еще обратимы. Цель - оценить влияние изменения положения тела на колебания микрогемодинамики верхних и нижних конечностей у больных СД2Т. В исследовании участвовали 25 больных СД2Т и 21 условно здоровый доброволец. Для каждого участника одновременно регистрировали динамику колебаний кожной микроциркуляции правого предплечья и стопы в двух положениях: лежа на спине (покой) и сидя, ноги на полу, руки на 10-15 см ниже уровня сердца (ортостаз). Для всех сигналов анализировали амплитудно-частотные характеристики и степень фазовой синхронизации колебаний кожной микроциркуляции. Для кровотока стопы ортостаз вызывал достоверное снижение средней перфузии кожи кровью в обеих группах, снижение амплитуд кардио- и эндотелиальных колебаний в контрольной группе, достоверное увеличение амплитуд респираторных колебаний у больных. Для микроциркуляторного кровотока предплечья достоверных изменений средней перфузии и спектральных характеристик в обеих группах не выявлено. В ответ на ортостаз обнаружено увеличение фазовой синхронизации между респираторными колебаниями кровотока кожи предплечья и стопы в обеих группах, а также снижение фазовой синхронизации между кардиальными колебаниями для пациентов с СД2Т. Таким образом, выявлены достоверные изменения амплитуд и фазовых взаимосвязей между микроциркуляторным кровотоком предплечья и стопы у больных СД2Т по сравнению со здоровыми участниками. Полученные результаты могут служить основой для разработки эффективных методов ранней неинвазивной диагностики микрососудистых нарушений и способов их терапевтической коррекции при сахарном диабете. Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 22-15-00215).

Ключевые слова: микроциркуляция, сахарный диабет 2 типа, спектральный анализ, фазовая синхронизация, ортостаз.

**EFFECT OF ORTHOSTASIS ON SKIN MICROHEMODYNAMICS REGULATION
OF UPPER AND LOWER EXTREMITIES IN TYPE 2 DIABETES MELLITUS**

Tankanag A.V., Tikhonova I.V., Guseva I.E.*, Grinevich A.A.

The Institute of Cell Biophysics of the Russian Academy of Sciences is a separate subdivision of the
FSBI IC PNC RAS, Russia, 142290, Pushchino, Institutskaya str., 3

* Hospital of Pushchinsky Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

Abstract. The aim was to assess the effect of orthostasis on microhemodynamic oscillations of upper and lower extremities in type 2 diabetic patients. For foot skin blood flow, orthostasis caused a significant decrease in mean blood perfusion in both groups, a decrease in amplitude of cardiac and endothelial oscillations in the controls, an increase in amplitude of respiratory oscillations in patients. Under orthostasis an increase in phase synchronization between respiratory oscillations of forearm and foot skin blood flow was found in both groups, as well as a decrease in phase synchronization between cardiac oscillations for patients.

Keywords: microcirculation, type 2 diabetes mellitus, spectral analysis, phase synchronization, orthostasis.

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ И КРОВООБРАЩЕНИЯ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ВНУТРИЧЕРЕПНОЙ ГЕМАТОМЫ

Терехов А.Д., Аббасов Р.Р., Халепо О.В.

ФГБОУ ВО СГМУ Минздрава России; Россия, 214019 Смоленск, ул. Крупской, 28

Повышение активности симпатoadренальной системы при остром нарушении мозгового кровообращения (ОНМК) приводит к изменению состояния кровообращения. Однако, вопрос о патогенетической значимости изменений вегетативной регуляции в формировании расстройств микроциркуляции и макрогемодинамики при формировании ОНМК изучен недостаточно. У лабораторных крыс изучены вариабельность сердечного ритма (ВСР), и состояние гемодинамики в сонной, надглазничной артериях и регионарный кровоток в 3 пальце задней конечности методом высокочастотной ультразвуковой доплерографии. Животным 1 группы моделировали ОНМК путем интрацеребрального введения коллагеназы типа IV; а крысам 2 группы вводили физиологический раствор в эквивалентном объеме. Регистрацию показателей повторяли на 1 сутки после операции. По данным ВСР у животных опытной группы выявлено увеличение ЧСС в 2,5 раза, по сравнению с исходными данными, вследствие чего этот показатель превысил контрольные значения в 1,7 раза. Выраженность максимальных кардиоинтервалов у животных опытной группы увеличилось в 1,4 раза, по сравнению с исходными данными, что является косвенным признаком ишемии миокарда. Коэффициент вариации в 1 группе уменьшился на 55%, а среднеквадратичная разница между смежными NN-интервалами, снизилась на 70%, по сравнению с исходными данными, что свидетельствует о нарастании симпатических влияний. Изучение гемодинамики показало, что у контрольных животных в сонной артерии показатели линейной (V_{as} , см/сек) и объемной (Q_{as} , см/сек) скорости кровотока снизились в 2,2 раза, а у крыс с ОНМК эти показатели увеличились соответственно на 58% и 57%, по сравнению с исходными данными. В надглазничной артерии произошло снижение скоростных характеристик кровотока у животных обеих групп, однако степень их уменьшения у крыс с ОНМК была менее значительной. В системе регионарного кровообращения у крыс контрольной группы показатель V_{as} и Q_{as} оказался выше исходных значений в 1,5 раза, а у животных опытной группы он был повышен в 2,4 раза, что сопровождалось снижением показателей сосудистого сопротивления. Таким образом, у животных после введения коллагеназы в головной мозг активизация симпатических влияний сопровождалась увеличением скоростных показателей кровотока в сонной артерии и системе регионарного кровотока, что может отражать увеличение артериального притока в систему микроциркуляции, меньшей степенью снижения скоростных характеристик в надглазничной артерии по сравнению с контролем, хотя механизмы выявленных изменений и их патогенетическое значение нуждаются в дальнейшем изучении.

Ключевые слова: острое нарушение мозгового кровообращения по геморрагическому типу, вариабельность сердечного ритма, ультразвуковая высокочастотная доплерография, регионарное кровообращение, сонная артерия, надглазничная артерия.

PECULIARITIES OF CHANGES IN AUTONOMIC REGULATION AND CIRCULATION DURING SIMULATION OF INTRACRANIAL HEMATOMA

A.D. Terekhov, R.R. Abbasov, O.V. Khalepo

SSMU of the Ministry of Health of Russia; Russia, 214019 Smolensk, Krupskaya str., 28

Abstract. The features of autonomic regulation and hemodynamics in rats during the formation of intracranial hematoma were studied. On day 1 in the experimental group, there is an increase in the contribution of the sympathetic division of the autonomic nervous system and signs of myocardial ischemia, as well as an increase in central and regional blood flow.

Key words: acute cerebrovascular accident by hemorrhagic type, heart rate variability, vegetative regulation, ultrasound high-frequency dopplerography, regional circulation, carotid artery, supraorbital artery.

ВОЗДЕЙСТВИЕ НИТРОПРУССИДА НАТРИЯ НА АГРЕГАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ТРОМБОЦИТОВ: ИЗМЕРЕНИЕ МЕТОДОМ СВЕТОПРОПУСКАНИЯ

Умеренков Д.А., Ермолинский П.Б., Максимов М.К., Муравьев А.В., Луговцов А.Е., Приезжев А.В.

МГУ им. М.В. Ломоносова

Тромбоциты являются критически важными элементами системы гемостаза, которые препятствуют кровопотере при разрыве сосудистой стенки. Нитропруссид натрия является прямым донором оксида азота (NO), который в свою очередь служит необходимым физиологическим и регуляторным биологическим медиатором, модулирующим тонус сосудистой стенки и гемостатико-тромботический баланс. Нарушение концентрации NO в организме человека влечёт за собой различного рода сердечно-сосудистые заболевания, включая тромбоз, атеросклероз и др. Цель работы – количественная оценка влияния нитропрусида натрия на агрегационные свойства тромбоцитов турбидиметрическим методом *in vitro*.

Измерение агрегационных свойств тромбоцитов выполнялось на основе метода турбидиметрии. Венозная кровь для проведения экспериментов забиралась у здоровых доноров, которые не принимали никаких лекарств по крайней мере за 2 недели до сдачи крови. Для приготовления обогащённой тромбоцитами плазмы (ОТП) цельную кровь центрифугировали в пробирках «эппендорф» при 200g в течение 7 мин. Перед стартом эксперимента добавлялся нитропруссид натрия (НПН) в объёме 15 мкл при концентрациях 1, 10, 25 50 и 100 мкМ. Необходимая концентрация достигалась путем добавления дистиллированной воды в раствор НПН в соответствующих пропорциях. Инкубация ОТП с НПН проводилась в течение 0, 5, 15, 25 и 40 минут при 37°C.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что НПН, а следовательно, газотрансмиттер NO оказывает значительное влияние на параметры агрегации тромбоцитов *in vitro*. Стоит отметить, что даже при самой низкой концентрации в 1 мкМ, задействованной в эксперименте, наблюдается ингибирующий эффект NO на агрегацию тромбоцитов. *Степень агрегации* у образца, инкубированного с НПН в концентрации 1 мкМ, уменьшается на $(37 \pm 7) \%$, однако *скорость агрегации* не изменяется в пределах погрешности. При более высоких концентрациях НПН заметно эффективное ингибирование агрегации тромбоцитов, причём также уменьшается скорость агрегации тромбоцитов. При концентрации НПН в 100 мкМ степень агрегации уменьшается на $(70 \pm 9) \%$, а скорость агрегации уменьшается на $(27 \pm 5) \%$. Статистически значимое уменьшение скорости агрегации тромбоцитов наблюдается при концентрации в 25 мкМ ($p < 0,05$).

Ключевые слова: агрегация тромбоцитов, газотрансмиттер, оксид азота, нитропруссид натрия
Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 22–15–00120.

EFFECT OF SODIUM NITROPRUSSIDE ON PLATELET AGGREGATION: MEASUREMENT BY LIGHT TRANSMISSION

Umerenkov D.A., Ermolinskiy P.B., Maksimov M.K., Muravyov A.V., Lugovtsov A.E., Priezzhev A.V.

Lomonosov Moscow State University

Abstract. Platelets are critical elements of the hemostasis system that prevent blood loss when the vascular wall is damaged. Sodium nitroprusside is a direct donor of nitric oxide (NO), which in turn serves as a necessary physiological and regulatory biological mediator that modulates vascular wall tone and hemostatic-thrombotic balance. Violation of the NO concentration in the human body entails various kinds of cardiovascular diseases, including thrombosis, atherosclerosis, etc. The aim of the work is to quantify the effect of sodium nitroprusside on the aggregation properties of platelets using the *in vitro* turbidimetric method.

Keywords: platelet aggregation, gasotransmitters, nitric oxide, sodium nitroprusside.

ИЗМЕРЕНИЯ ИНДЕКСА МИКРОЦИКУЛЯЦИИ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОРТОСТАТИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ПРОБЫУсанов А.Д.¹, Фаркад Аль-Бадри¹, Машков К.В.¹, Скрипаль А.В.¹, Аверьянов А.П.²¹СГУ имени Н.Г. Чернышевского,²СГМУ имени В.И. Разумовского

Представлены результаты анализа изменения величины кровотока в микроциркуляторном русле при использовании функциональных проб: ортостатической и тепловой пробы. Во время ортостатической пробы измерялась величина перфузии периферических кровеносных сосудов в трех положениях тела относительно уровня сердца: рука на уровне сердца, поднятая вверх рука, и рука опущена вниз. У испытуемых измерялся показатель перфузии периферических кровеносных сосудов на фаланге пальца руки с использованием портативного ЛДФ устройства "ЛАЗМА ПФ" (Россия). Измерения проводились сначала в комнате с температурой воздуха 20 °С, а затем в тёплой комнате при температуре воздуха 30 °С. При положении руки выше уровня сердца происходит снижение уровня перфузии. Это можно объяснить изменением градиента давления в микроциркуляторном русле из-за влияния силы гравитации на венозный возврат крови. Дополнительное влияние оказывает сосудорасширяющий рефлекс при поднятии конечности вверх. При опускании руки происходит обратный эффект, проявляющийся в затруднении венозного возврата. Это вызывает увеличение объёма венозной крови в конечности и, как следствие, расширение вен. В ходе настоящего исследования было выявлено, что у всех испытуемых не зависимо от температуры воздуха в экспериментальной комнате были зафиксированы одинаковые корреляции при различных положениях тела. Различия наблюдались в амплитуде колебаний значений перфузии, что объясняется изменением депонирования крови в кровеносных сосудах при тепловом воздействии и изменением сосудистого тонуса. Показано, что увеличение температуры окружающей среды приводит к увеличению разницы микроциркуляции периферических сосудов при изменении положения руки в каждом из трех положений относительно уровня сердца. Проведение исследования в комнате с температурой воздуха, превышающей нормальную комнатную температуру, позволило исключить высокий разброс в полученных данных при проведении ортостатической пробы и получить более однозначную реакцию у испытуемых. Это объясняется уменьшением влияния психоэмоционального состояния человека, которое вносит вклад в показания кровотока в микроциркуляторном русле.

Ключевые слова: микроциркуляция, ортостатической проба, лазерная доплеровская флоуметрия, периферическое кровообращение,

MEASUREMENTS OF THE MICROCIRCULATION INDEX OF THE PERIPHERAL CIRCULATORY SYSTEM USING ORTHOSTATIC AND THERMAL SAMPLESA.D. Usanov¹, AL badri Farqad¹, K.V. Mashkov¹, A.V. Skripal¹, A.P. Averyanov²¹SSU named after N.G. Chernyshevsky,²SSMU named after V.I. Razumovsky

Abstract. The results of the analysis of changes in blood flow in the microcirculatory bed when using a functional static and thermal test are presented. During the orthostatic test, the perfusion of peripheral blood vessels was measured in three positions of the body relative to the level of the heart. The measurements were carried out first in a room with an air temperature of 20 °C, and then in a warm room at an air temperature of 30 °C. It is shown that an increase in ambient temperature leads to an increase in the difference in microcirculation of peripheral vessels when changing the position of the arm in each of the three positions relative to the level of the heart

Keywords: microcirculation, orthostatic test, laser doppler flowmetry, peripheral blood circulation.

НАРУШЕНИЕ ГЕМОРЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НА РАННИХ СТАДИЯХ РАЗВИТИЯ ДИАБЕТИЧЕСКОЙ НЕФРОПАТИИФабричнова А.А.¹, Кошелев В.Б.¹, Мисникова И.В.², Ковалева Ю.А.²¹Факультет фундаментальной медицины кафедра физиологии и общей патологии, МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия.²Московский областной научно-исследовательский клинический институт имени М.Ф. Владимирского, отделение терапевтической эндокринологии, Москва, Россия.

Исследована связь гемореологических нарушений и наличия диабетической нефропатии (ХБП 1-3а стадии) при сахарном диабете 1 типа (СД1), также оценена возможность использования гемореологических параметров как ранних маркеров развития и прогрессирования диабетической нефропатии. В исследование было включено 52 больных СД1 33±11 лет, ранжированных по скорости клубочковой фильтрации (СКФ, ЕРІ). Оценка реологических свойств крови проводилась при помощи лазерного агрегометра-деформометра LADE (РеоМедЛаб, Россия). При диабетической нефропатии гиперагрегация эритроцитов (повышение времени 1 фазы агрегации эритроцитов, (Т1)) наблюдалась при снижении скорости клубочковой фильтрации (СКФ) <90 мл/мин*1,73 м² (p<0,05). При СКФ <60 мл/мин*1,73 м² повышение Т1 усугублялось, к нему присоединялось повышение прочности наиболее крупных агрегатов (I2,5, p<0,05) и снижение способности эритроцитов к деформации (в виде повышения пороговой скорости начала деформации эритроцитов ((.)begin (p<0,05)). При регрессионном анализе выявлено предикторное значение умеренной силы показателей агрегации эритроцитов на снижение СКФ: I2,5, ρ=0,46 (p<0,05); Т1, ρ=0,408, p<0,05; скорости 1 фазы агрегации эритроцитов (кТb), ρ=0,41 (p<0,05). При протеинурии (ПУ) >100 мг/сут наблюдалось повышение прочности наиболее крупных агрегатов (I2,5), (p<0,05), при ПУ >150 мг/сут к нему присоединялись снижение деформируемости эритроцитов ((.)begin, (p<0,05)). Таким образом, нарушения способности эритроцитов к агрегации являются чувствительными параметрами для оценки микрогемореологических нарушений на ранних стадиях развития диабетической нефропатии. Необходимы дальнейшие исследования для определения возможности их использования как маркеров для скрининга развития и прогрессирования ХБП на ранних стадиях.

Ключевые слова: агрегация эритроцитов, сахарный диабет 1 типа, диабетическая нефропатия, хроническая болезнь почек.

DISTURBANCE OF HEMORHEOLOGICAL PROPERTIES AT THE EARLY STAGES OF DEVELOPMENT OF DIABETIC NEPHROPATHYA.A. Fabrichnova¹, V.B. Koshelev¹, I.V. Misnikova², Yu.A. Kovaleva²¹ Faculty of Fundamental Medicine, Department of Physiology and General Pathology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia.² Moscow Regional Research Clinical Institute named after M.F. Vladimirovsky, Department of Therapeutic Endocrinology, Moscow, Russia.

The relationship between hemorheological alterations and diabetic nephropathy (CKD stages 1-3a) in type 1 diabetes mellitus (DM1) was assessed. The study included 52 patients (DM1) aged 33±11 years. In diabetic nephropathy, erythrocyte aggregation was impaired with a decrease in glomerular filtration rate (GFR) <90 ml / min * 1.73 m². With GFR <60 ml/min*1.73 m², the decline worsened, and it was accompanied by decrease in the deformability of erythrocytes. In multiple regression analysis erythrocyte aggregation parameters were moderate independent predictors of GFR. With proteinuria >100 mg/day, there were an erythrocyte aggregation alteration, at proteinuria >150 mg/day, it was accompanied by a decrease in the deformability of erythrocytes. Further studies are needed to determine the possibility of use of hemorheological parameters as markers for screening development and progression of diabetic nephropatia.

Keywords: erythrocyte aggregation, type 1 diabetes mellitus, diabetic nephropathy, chronic kidney disease.

СЕРОВОДОРОД И ОКСИД АЗОТА КАК РЕГУЛЯТОРЫ ДЕФОРМИРУЕМОСТИ ЭРИТРОЦИТОВ

Фадюкова О.Е., Кошелев В.Б.

Факультет фундаментальной медицины МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Цель исследования: в опытах *in vitro* оценить и сравнить эффекты доноров H_2S и NO на деформируемость эритроцитов (ДЭ) крысы, а также определить участие калиевых и хлорных каналов в их реализации.

Материалы и методы исследования. Пробы крови крыс, полученные под анестезией из нижней полой вены (антикоагулянт ЭДТА, 2 мг/мл), инкубировали с донором сероводорода $NaHS$ ($6 \cdot 10^{-5}$ М) или донором NO нитропруссидом натрия (SNP , 10^{-7} М) в течение 15 мин при $37^\circ C$. За 10 мин до доноров газотрансмиттеров в пробу крови добавляли или неспецифический блокатор хлорных CFTR каналов глибенкламид ($5 \cdot 10^{-5}$ М), или неспецифический блокатор Ca^{2+} -зависимых K^+ -каналов тетраэтиламмоний хлорид (ТЭА, 10^{-3}), или их специфический блокатор клотримазол (2 и 20 μM). ДЭ оценивали с помощью лазерного агрегометра-деформометра эритроцитов «РеоАДВ-КФ». Определяли индекс ДЭ (ID) при разных скоростях сдвига. Оценивали параметры ДЭ: предел текучести мембраны $ln\gamma_0$, параметр $tg(\alpha)$, характеризующий вязкость внутриклеточного содержимого эритроцита, и индекс ДЭ IDmax при максимальной скорости сдвига 3065 c^{-1} .

Результаты. $NaHS$ снижал $ln\gamma_0$ на 9% и $tg(\alpha)$ на 6%, нитропруссид натрия уменьшал $ln\gamma_0$ на 10% и $tg(\alpha)$ на 4% по сравнению с контрольной пробой ($p < 0,05$). При одновременном действии SNP и $NaHS$ их эффект на ДЭ уменьшался. В присутствии глибенкламида изменение параметров ДЭ в ответ на $NaHS$ исчезало практически полностью ($p < 0,05$), а на нитропруссид натрия снижалось частично. ТЭА и клотримазол подавляли изменения параметров ДЭ в ответ на $NaHS$ и SNP ($p < 0,05$).

Заключение. Таким образом, газотрансмиттеры H_2S и NO изменяют деформируемость эритроцитов крысы, воздействуют на параметры ДЭ однонаправленно, причем в реализацию этих эффектов вовлечены калиевые и хлорные каналы.

Ключевые слова: деформируемость эритроцитов, сероводород, оксид азота

HYDROGEN SULFIDE AND NITRIC OXIDE AS REGULATORS OF THE RAT ERYTHROCYTE DEFORMABILITY

O.E. Fadyukova, V.B. Koshelev

M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

The effects of $NaHS$, the donor H_2S , and sodium nitroprusside (SNP), the donor of NO , on the rat erythrocyte deformability (DE) parameters were studied using laser aggregometer-deformometer "Reo ADV-KF" in experiments *in vitro*. The blood samples were incubated with studied substances for 15 min ($37^\circ C$). The erythrocyte deformability index (ID) was determined at different shear rates. Erythrocyte deformability parameters were evaluated: the membrane yield strength $ln\gamma_0$; $tg(\alpha)$, characterizing the viscosity of the intracellular content of the erythrocyte; and IDmax at a shear rate of 3065 sec^{-1} . $NaHS$ ($6 \cdot 10^{-5}$ M) decreased of $ln\gamma_0$ by 9% and $tg(\alpha)$ by 6%, while SNP decreased of $ln\gamma_0$ by 10% and $tg(\alpha)$ by 4% vs control sample ($p < 0.05$). The non-selective calcium-dependent potassium channel blocker tetraethylammonium chloride (TEA, 10^{-3} M) and its selective blocker clotrimazole significantly weakened the change of deformability parameters in response to $NaHS$ and SNP . In the presence of the non-selective CFTR chloride channel blocker glibenclamide ($5 \cdot 10^{-5}$ M), the effects of $NaHS$ and SNP on the membrane yield strength $ln\gamma_0$ was reduced ($p < 0,05$). Thus, H_2S and NO have similar influence on DE and potassium and chloride channels are involved in its realization.

Keywords: erythrocyte deformability, hydrogen sulfide, nitric oxide

ПАРАМЕТРЫ ТКАНЕВОЙ ПЕРФУЗИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МОДИФИКАЦИИ ПРИБОРОВ ЛАЗЕРНОЙ ДОПЛЕРОВСКОЙ ФЛОУМЕТРИИ

Михайлова М.А.¹, Федорович А.А.^{1,2}, Горшков А.Ю.¹, Королев А.И.¹, Дадаева В.А.¹, Жарких Е.В.², Локтионова Ю.И.², Дунаев А.В.², Сидоров В.В.³, Драпкина О.М.¹

¹ ФГБУ «НМИЦ ТПМ» МЗ РФ, Россия, 101990, г. Москва, Петроверигский переулок 10/3

² ФГБУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», Россия, 302026, г. Орел, ул. Комсомольская 95

³ ООО НПП «ЛАЗМА», Россия, 123458, г. Москва, ул. Твардовского 8

Цель: провести сравнительный анализ параметров микроциркуляции крови конструктивно различных приборов ЛДФ в группе здоровых лиц трудоспособного возраста. **Материалы и методы:** В исследование вошли 53 условно здоровых добровольца (м/ж – 30/23) трудоспособного возраста (43±9 лет). Измерение проводили в положении лежа на тыльной поверхности левого предплечья одновременно двумя приборами – ЛАКК-02 с оптоволоконным зондом передачи и приема данных и портативным анализатором ЛАЗМА-ПФ. Объем исследования: базальная перфузия, дыхательный констрикторный тест (ДП), констрикторный тест с венозной окклюзией (ВО), дилататорная проба с артериальной окклюзией (АО). **Результаты и обсуждение:** относительно стационарного варианта, портативный прибор демонстрирует достоверно более высокие значения уровня тканевой перфузии и амплитуды респираторно обусловленных колебаний кровотока, и более низкие значения амплитуды пульсовых колебаний и констрикторной активности микрососудов при ДП и ВО. Результаты численного моделирования распространения оптического излучения в биологических тканях показало, что зондируемый объем кожи и глубина проникновения излучения у ЛАЗМА-ПФ больше, чем у ЛАКК-02. Результаты моделирования и ЛДФ позволяют предположить преобладание веноулярного звена микроциркуляторного русла кожи в формировании отраженного сигнала у ЛАЗМА-ПФ относительно ЛАКК-02. **Заключение:** Длина волны и конструктивные особенности приборов ЛДФ оказывают влияние на результаты исследования ввиду разного диагностического объема кожи, что рекомендуется учитывать в научно-клинической работе.

Ключевые слова: портативный анализатор ЛДФ, вейвлет-анализ, функциональные тесты, моделирование Монте-Карло.

PARAMETERS OF TISSUE PERFUSION DEPENDING ON THE MODIFICATION OF LASER DOPPLER FLOWMETRY DEVICES

M.A. Mikhailova¹, A.A. Fedorovich¹, A.Y. Gorshkov¹, A.I. Korolev¹, V.A. Dadaeva¹, E.V. Zharkikh², Y.I. Loktionova², A.V. Dunaev², V.V. Sidorov³, O.M. Drapkina¹

¹ "NMICTPM" Ministry of Health of the Russian Federation, Russia, 101990, Moscow, Petroverigsky lane 10/3

² "OSU named after I.S. Turgenev", Russia, 302026, Orel, Komsomolskaya str. 95

³ "LAZMA", Russia, 123458, Moscow, Tvardovsky str. 8

Abstract. Investigation of microcirculatory blood flow in the skin of the forearm was carried out simultaneously with two constructively different laser flowmeters in 53 conditionally healthy volunteers (m/f - 30/23) of working age (43±9 years). Basal perfusion, constrictor reaction of microvessels during respiratory test and test with venous occlusion, and post-occlusive reactive hyperemia were recorded. Portable device demonstrates a higher level of tissue perfusion and the amplitude of respiratory fluctuations in blood flow with lower amplitudes of pulse fluctuations in blood flow and constrictor response to all types of vasoconstrictive stimuli compared to modification with a fiber optic probe. The results of numerical simulation of the propagation of optical radiation in biological tissues showed that the probing volume of the skin and the depth of penetration depth of radiation in a portable device are greater. The results of simulation and laser Doppler flowmetry suggest the predominance of the venular link of the skin microvasculature in the formation of the reflected signal from portable device relative to modification with a fiber optic probe.

Keywords: portable LDF analyzer, wavelet analysis, functional tests, Monte Carlo simulation.

НОСИМЫЕ УСТРОЙСТВА ЛАЗЕРНОЙ ДОПЛЕРОВСКОЙ ФЛОУМЕТРИИ В ИЗУЧЕНИИ ВЛИЯНИЯ ГИПЕР- И ГИПОВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ДЫХАТЕЛЬНЫХ УПРАЖНЕНИЙ ЙОГИ НА МИКРОЦИРКУЛЯЦИЮ КРОВИФролов А.В.¹, Локтионова Ю.И.², Жарких Е.В.², Сидоров В.В.³, Танканаг А.В.⁴, Дунаев А.В.²¹Санкт-Петербургский институт восточных методов реабилитации; Россия, 191186

Санкт-Петербург, Невский пр., 30а

²ОГУ имени И.С. Тургенева; Россия, 302026 Орёл, ул. Комсомольская, 95³ООО НПП «ЛАЗМА»; Россия, 123458 Москва, ул. Твардовского, 8⁴Институт биофизики клетки РАН; Россия, 142290 Пушкино, ул. Институтская, д. 3

Дыхательные упражнения йоги представляют собой изменение минутного объема дыхания с максимальным дыхательным объемом, что позволяет достигать состояния гипер- и гиповентиляции с соответствующими изменениями газообмена. Целью данной работы было изучение влияния гипо- и гипервентиляционных дыхательных упражнений йоги на параметры периферического кровотока и их взаимосвязь с параметрами спирометрии и газового анализа. В исследовании приняли участие 22 добровольца, регулярно выполняющих полное йоговское дыхание в режимах гипо- и гипервентиляции. Для регистрации микроциркуляции крови методом лазерной доплеровской флоуметрии использовалась распределенная система портативных анализаторов «ЛАЗМА-ПФ» (ООО НПП «ЛАЗМА») что позволяет оценивать работу механизмов регуляции периферического кровотока. Устройства были закреплены симметрично справа и слева на лбу, третьих пальцах рук и первых пальцах ног. Исследование проводилось в 3 этапа: на 1-м и 3-м этапах при нормальном неконтролируемом дыхании; на 2-м этапе добровольцы выполняли полное йоговское дыхание, благодаря чему достигали состояния гиповентиляции (частота дыхания 1-1,5 раза в минуту) и гипервентиляции (частота дыхания 2-3 раза в минуту), что подтверждалось данными спирометрии и газового анализа (спирометр МАС-2С, «Белинтелмед»). Показатель микроциркуляции крови увеличивался на третьем этапе независимо от режима дыхания. Обнаружена корреляция между показателями микроциркуляции крови и газовым анализом при свободном дыхании и гиповентиляции. После гиповентиляции вклад миогенного компонента в общую перфузию при измерениях на лбу и пальцах рук был выше, чем после гипервентиляции. В пальцах ног вклад нейрогенного компонента был выше после гипервентиляции. Полученные результаты позволят изучить работу механизмов доставки кислорода к биологическим тканям, а также разработать инструментальный метод мониторинга выполнения дыхательных упражнений и их эффективности в реабилитации.

Ключевые слова: микроциркуляция крови, спирометрия, газоанализ, полное дыхание.

WEARABLE LASER DOPPLER FLOWMETRY DEVICES IN THE STUDY OF HYPER- AND HYPOVENTILATION YOGA BREATHING EXERCISES EFFECT ON BLOOD MICROCIRCULATIONA.V. Frolov¹, Yu.I. Loktionova², E.V. Zharkikh², V.V. Sidorov³, A.V. Tankanag⁴, A.V. Dunaev²¹St. Petersburg Institute of Oriental Methods of Rehabilitation; Russia, 191186

St. Petersburg, Nevsky Ave., 30 a

²I.S. Turgenev OSU; 95 Komsomolskaya str., 302026 Orel, Russia³"LAZMA"; Russia, 123458 Moscow, Tvardovsky str., 8⁴Institute of Cell Biophysics of the Russian Academy of Sciences; Russia, 142290 Pushchino, Institutskaya str., 3

Abstract. The work is devoted to study full yoga breathing effect on blood microcirculation system. After hypoventilation the contribution of myogenic component to the overall perfusion during measurements on the forehead and fingers was higher than after hyperventilation. In the toes the contribution of neurogenic component was higher after hyperventilation.

Key words: blood microcirculation, spirometry, gas analysis, full breathing.

СОСТОЯНИЕ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ЭНДОТЕЛИЯ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ИШЕМИЧЕСКОМ ПОВРЕЖДЕНИИ МИОКАРДА НА ФОНЕ ЕГО ГИПЕРТРОФИИ

Халепко О.В.

Смоленский государственный медицинский университет, Россия, 214019 Смоленск, ул. Крупской, 28

При развитии инфаркта миокарда (ИМ) на фоне его гипертрофии, система микроциркуляции может какое-то время компенсировать расстройства, однако механизмы, обеспечивающие поддержание тканевого гомеостаза, до конца не изучены. У кроликов методом лазерной доплеровской флоуметрии изучено состояние микроциркуляции в кожных покровах и в миокарде, после чего животным 1 группы моделировали гипертрофию миокарда (ГМ) наложением хомута на аорту, а на 21 сутки перевязывали коронарную артерию, кроликам 2 группы лигирование коронарной артерии выполняли на интактном сердце, а животным 3 группы проводили торакотомию. Содержание эндотелина 1 (ЕТ-1) и NO-синтазы (NOS) в сыворотке крови определяли методом ИФА. В миокарде у кроликов 1 группы через 21 день моделирования ГМ выявлено увеличение амплитуд эндотелиальных (Аэ), нейрогенных (Ан) и миогенных колебаний (Ам), а также сердечных ритмов (Ас), по сравнению с контролем. После перевязки коронарной артерии в миокарде у животных 1 группы Аэ оказалась больше в 5,4 раза, на 21 сутки - в 2,9 раза, а Ас - на 69%, по сравнению с кроликами 2 группы. В кожных покровах животных 1 группы на 21 сутки ГМ и во все последующие сроки выявлено повышение перфузии и вазомоторной активности микрососудов. На 3 сутки ИМ обнаружено повышение Ан, Ам и дыхательных ритмов (Ад) – в 1,9 раза. На 7 и 21 сутки у животных с ИМ на фоне ГМ все активные механизмы регуляции микроциркуляции (Аэ, Ан, Ам) и Ад оказались больше, чем во 2 группе. Уровень ЕТ-1 у кроликов 1 группы стал меньше исходных значений на 3 сутки и продолжил снижаться в динамике наблюдения, а во 2 группе его содержание на 21 сутки превысило контрольные значения на 86%. Концентрация NOS у кроликов 1 группы на 21 сутки снизилась и стала меньше, чем во 2 группе на 70%, а у животных с ИМ на интактном сердце наблюдалась тенденция к увеличению этого показателя. Таким образом, у животных с ИМ на фоне ГМ повышение артериального притока в систему микроциркуляции миокарда и увеличение в ней эндотелиальной активности сопровождалось снижением содержания ЭТ-1 в крови. В кожных покровах повышение уровня перфузии и вазомоторной активности микрососудов сопровождалось признаками венозного застоя и активизацией шунтирующего кровотока.

Ключевые слова: инфаркт миокарда, гипертрофия миокарда, лазерная доплеровская флоуметрия, микроциркуляция, функция эндотелия.

THE STATE OF MICROCIRCULATION AND FUNCTIONAL ACTIVITY OF THE ENDOTHELIUM IN EXPERIMENTAL ISCHEMIC DAMAGE OF THE MYOCARDIA ON THE BACKGROUND OF ITS HYPERTROPHY

O.V. Khalepo

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

Abstract. The state of microcirculation was studied in the myocardium and skin, the content of endothelin-1 and NO-synthase in laboratory rabbits after modeling myocardial infarction against the background of its emergency hypertrophy. An increase in arterial inflow into the myocardial microcirculation system and an increase in endothelial activity in it, a decrease in endothelin-1 in the blood were revealed. In the skin, an increase in the level of perfusion and vasomotor activity of microvessels was found with signs of venous stasis and an increase in shunting blood flow.

Keywords: myocardial infarction, myocardial hypertrophy, laser Doppler flowmetry, microcirculation, endothelial function.

ГЕНДЕР-ЗАВИСИМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО КРОВОТОКА В КОЖЕ КРЫС НА РАННЕМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ МЕТАБОЛИЧЕСКОГО СИНДРОМАЦарева И.А.^{1,2}, Иванова Г.Т.¹, Лобов Г.И.¹¹Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия²ВМА им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

Метаболический синдром (МС) является серьезной проблемой мирового здравоохранения. МС поражает не только взрослое население, подтвержденный диагноз МС имеют 8-10% детей и подростков. МС включает: инсулинорезистентность, АГ, атерогенную дислипидемию, протромботическое и провоспалительное состояние. Исследование проводилось на самцах и самках крыс линии Вистар, получавших с 4 недельного возраста на протяжении 16 недель 20% раствор фруктозы вместо питьевой воды (группа FrDR). Часть самок были кастрированы, половина из них на протяжении всего эксперимента получала 20% раствор фруктозы. Микрокровоток в коже спины оценивали с помощью комплекса «ЛАКК-М». Мы исследовали кровотоки в микрососудах кожи спины с густым волосяным покровом, которые выполняют, в основном, нутритивные функции.

В контрольных группах у самцов перфузия кожи спины составила 8,26 п.е., у самок - 10,29 п.е., у кастрированных самок - 8,93 п.е. В группах FrDR М снизилась до 7,03; 9,46 и 8,11 п.е. соответственно. σ в контрольных группах составила 0,68; 1,46 и 1,22 п.е. В группах FrDR σ увеличилась и составила 0,79; 2,35 и 1,68 п.е.

После ионофореза ацетилхолина (АХ) перфузия кожи у всех крыс контрольных групп возросла (у самцов - на 78,7%, у самок - на 49,4%, у кастрированных самок - на 62,4%). В группах FrDR М также возрастала, но прирост был достоверно меньшим (на 56,4%; 37,8% и 49,4% соответственно). Достоверные различия были зарегистрированы также после ионофореза нитропруссиды натрия (НП): в контрольных группах увеличение перфузии кожи составило: у самцов - 94,6%, у самок - 61,2%, у кастрированных самок - 77,8%). В группах FrDR также наблюдался прирост НП-индуцированной перфузии (на 79,2%; 50,6% и 41,7% соответственно). Таким образом, потребление крысами относительно невысоких доз фруктозы на раннем этапе развития сопровождается негативными изменениями микроциркуляторного кровотока в коже: уменьшается перфузия и возрастает напряжение регуляторных механизмов. Нарушаются как эндотелийзависимая, так и эндотелийнезависимая регуляция микроциркуляторного кровотока, что свидетельствует о повреждении процесса производства эндотелиоцитами (биодоступности) NO, а также нарушении NO-cGMP сигнального пути в гладкомышечных клетках сосудов МЦР. Выявленные патологические изменения МЦР являются гендер-зависимыми: у самцов и кастрированных самок негативные изменения являются более выраженными.

Ключевые слова: метаболический синдром, перфузия, регуляция.

GENDER-DEPENDENT CHANGES IN THE MICROCIRCULATORY BLOOD FLOW IN THE SKIN OF RATS AT THE EARLY STAGE OF METABOLIC SYNDROME DEVELOPMENTI.A. Tsareva^{1,2}, G.T. Ivanova¹, G.I. Lobov¹¹I.P. Pavlov Institute of Physiology of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia²VMA named after S.M. Kirov, St. Petersburg, Russia

The consumption of fructose by rats at an early stage of development is accompanied by changes in the microcirculatory blood flow in the skin: perfusion decreases and the tension of regulatory mechanisms increases. endothelium-dependent and endothelium-independent regulation of microcirculatory blood flow, which indicates damage to the process of NO production by endotheliocytes (bioavailability), as well as a violation of the NO-cGMP signaling pathway in smooth muscle cells of the MCR vessels. The revealed pathological changes in the MCR are gender-dependent: in males and castrated females, negative changes are more pronounced.

Keywords: metabolic syndrome, perfusion, regulation.

**КОМПЕНСАТОРНО-ПРИСПОСОБИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ ГЕМОЦИТОВ
M. GALLOPAVO В ОТВЕТ НА СНИЖЕНИЕ ОСМОЛЯРНОСТИ СРЕДЫ**

Чернявских С.Д.

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»;
Россия, 308007 г. Белгород, ул. Студенческая, 14

В работе представлены результаты исследований физиологических реакций эритроцитов и полиморфноядерных лейкоцитов *M. gallopavo* в ответ на гипоосмотическую нагрузку, выражающиеся в изменении морфометрических показателей, адгезионных и упруго-эластичных свойств их плазмалеммы. Полученные суспензии красных и белых клеток крови *M. gallopavo* инкубировали с изотоническим и умеренно-гипотоническим (0,45% раствор NaCl) растворами в течение 60 с. Оценку изменений морфологических показателей клеток проводили с помощью метода атомно-силовой микроскопии (АСМ). Полученные результаты представляли в виде значений средней арифметической выборочной совокупности (M) и стандартной ошибки среднего значения (m). Оценку различий параметрических выборок проводили с использованием t-критерия Стьюдента ($p < 0,05$). В результате проведенных исследований установлено, что после инкубации в условиях умеренной гипотонии у эритроцитов *M. gallopavo* увеличились значения показателей объема и малого диаметра на 16,18% и 12,40%, у лейкоцитов – показатели площади, большого и малого диаметров на 85,10%, 32,18% и 31,05%, соответственно, по сравнению с аналогичными показателями клеток, инкубированных в изотонической среде. В условиях умеренной гипотонии у эритроцитов снизился адгезионный показатель и упругость клеток на 22,88% и 16,35%, у лейкоцитов – на 38,66% и 20,22%, соответственно, по сравнению с изотонией. Таким образом, компенсаторно-приспособительные реакции гемоцитов *M. gallopavo* в ответ на снижение осмолярности среды проявляются в увеличении морфометрических показателей, снижении адгезионных и упруго-эластичных свойств плазмалеммы.

Ключевые слова: эритроциты, полиморфноядерные лейкоциты, морфометрические показатели, адгезионные и упруго-эластичные свойства плазмалеммы.

**COMPENSATORY-ADAPTIVE REACTIONS OF M. GALLOPAVO HEMOCYTES
IN RESPONSE TO A DECREASE IN THE OSMOLARITY OF THE MEDIUM**

S.D. Chernyavskikh

Belgorod State National Research University; Russia, 308007 Belgorod, Studentskaya str., 14

Abstract. The paper presents the results of studies of the physiological reactions of erythrocytes and polymorphonuclear leukocytes of *M. gallopavo* in response to changes in the osmolarity of the medium. The physiological reactions of *M. gallopavo* hemocytes to hypoosmotic load, expressed in changes in morphometric parameters, adhesive and elastic properties of their plasmalemma, were studied. The obtained suspensions of red and white *M. gallopavo* blood cells were incubated with isotonic and moderately hypotonic (0.45% NaCl solution) solutions for 60 s. The assessment of changes in morphophysiological parameters of cells was carried out using the atomic force microscopy (AFM) method. As a result of the conducted studies, it was found that the compensatory-adaptive reactions of *M. gallopavo* hemocytes in response to a decrease in the osmolarity of the medium are manifested in an increase in morphometric parameters, a decrease in the adhesive and elastic properties of the plasmalemma.

Keywords: erythrocytes, polymorphonuclear leukocytes, morphometric parameters, adhesive and elastic properties of plasmalemma.

ЭКСТЕРНАЛЬНОСТЬ МЫШЛЕНИЯ КАК ФАКТОР РИСКА КАРДИОВАСКУЛЯРНЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ У ПАЦИЕНТОВ С АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ

Четвертакова Ж.Е., Четвертаков Ю.В., Замышляев А.В., Масина И.В., Емануйлова Н.В.
ФГБОУ ВО ЯГМУ; Россия, 150000 Ярославль, ул.Революционная, 5

Введение: при экстернальности мышления (ЭМ) индивидуум в большей степени сфокусирован на внешних факторах, что может приводить к более сильным вазоспастическим реакциям на стресс, а также нарушению пищевого поведения.

Цель: оценить зависимость развития кардиоваскулярных осложнений от уровня экстернальности мышления у пациентов с артериальной гипертензией (АГ).

Материалы и методы: обследовано 43 пациентов с АГ: 22 мужчин, 21 женщина, возраст 42,3 [19;62] лет, артериальная гипертензия 1 степени, длительность АГ 2,7 [1;15] лет. Всем пациентам было проведено физикальное обследование, расчёт индекса массы тела (ИМТ), ультразвуковое дуплексное сканирование артерий головы и шеи, эхокардиоскопия, тестирование по методике TAS-20-R «Торонтская алекситимическая шкала».

Результаты. Избыточная масса тела является фактором риска кардиоваскулярной патологии. У пациентов с АГ выявлена положительная корреляция между ИМТ и выраженности ЭМ ($R=0,37$ при $p=0,04$). При росте баллов шкалы ЭМ соответственно повышались индексы сопротивления сосудистой стенки PI и RI в общих сонных артериях у пациентов без гипотензивной терапии ($R=0,38$ при $p=0,03$, $R=0,37$ при $p=0,04$ соответственно). В тоже время наблюдалась обратная корреляция со скоростью кровотока по позвоночным артериям во втором сегменте ($R=-0,38$ при $p<0,05$), что может быть объяснено вазоспастическими ирритивными влияниями на позвоночные артерии в позвоночном канале вследствие напряжения мышц шейного отдела позвоночника. У всех пациентов с АГ выявлена зависимость между толщиной межжелудочковой перегородки и задней стенки левого желудочка (ЛЖ) и выраженностью ЭМ ($R=0,41$ при $p=0,03$ и $R=0,44$ при $p=0,02$).

Выводы: Экстернальность мышления у пациентов с АГ ассоциирована с увеличением толщины миокарда ЛЖ, повышением жесткости сосудистой стенки и увеличением индекса массы тела.

Ключевые слова: экстернальность мышления, артериальная гипертензия, кардиоваскулярная патология.

EXTERNALITY OF THINKING AS A RISK FACTOR FOR CARDIOVASCULAR COMPLICATIONS IN PATIENTS WITH ARTERIAL HYPERTENSION

Chetvertakova Zh.E., Chetvertakov Yu.V., Zamyshlyayev A.V., Masina I.V., Emanuylova N.V.
YSU; Russia, 150000 Yaroslavl, Revolyutsionnaya str., 5

Abstract: Evaluation of the dependence of the development of cardiovascular complications on the level of externality of thinking in patients with arterial hypertension (AH). The externality of thinking in patients with AH is associated with vascular wall stiffness, an increase of myocardium thickness and the body mass index.

Keywords: externality of thinking, arterial hypertension, cardiovascular pathology.

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ В МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОМ РУСЛЕ У ДЕТЕЙ С ОТЯГОЩЕННЫМ АЛЛЕРГОАНАМНЕЗОМЮшина Т.И.¹, Гутырчик Т.А.^{1,3}, Бережанский П.В.^{1,2}, Малахов А.Б.^{1,3,4}, Гутырчик Н.А.^{2,5}

¹ГБУЗ «Морозовская детская городская клиническая больница Департамента здравоохранения города Москвы»; ²ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»; ³ГБУЗ Московской области «Научно-исследовательский клинический институт детства Министерства здравоохранения Московской области»; ⁴ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет); ⁵НИИ морфологии человека имени академика А.П. Авцына.

Аллергические заболевания занимают лидирующую ступень в структуре заболеваемости во всем мире. Важную роль в патогенезе бронхиальной астмы играет и система микроциркуляции, оказывая влияние на реализацию и прогрессирование заболевания. Было обследовано 129 пациентов в возрасте от 1 до 5 лет. Все дети перенесли 1-2 эпизода обструктивного бронхита и находились в периоде ремиссии на протяжении 6 месяцев. Все дети были разделены на 2 группы: 1 группа – 68 детей (53%), с отягощенным аллергоанамнезом, 2 группы – 61 ребенок (47%), без отягощенного аллергоанамнеза. Всем детям проводилась оценка микроциркуляции при помощи капилляроскопии ногтевого ложа. По результатам проведенной диагностики были выявлены следующие особенности: у детей 1 группы (пациенты с отягощенным аллергоанамнезом) определялись более выраженные морфологические изменения в капиллярном русле: изменение архитектоники, увеличение количества капилляров на единицу площади, изменение концевых капилляров (древовидные, клубочкообразные). У пациентов 2 группы (не имеющих отягощенный аллергоанамнез), напротив, капилляры имели четкую и упорядоченную форму. Выявленные изменения у пациентов 1 группы были обусловлены персистирующим аллергическим воспалением и гипоксией вследствие бронхообструкции. Так же наблюдались изменения коэффициента поперечной деформации параллельно идущих сосудов, соответственно в 1 группе – $0,31 \pm 0,3$ у.е., во 2 групп $-0,48 \pm 0,45$ у.е., увеличением диаметра венолярной части капилляров, соответственно $53,57 \pm 3,35$ мкм и $42,26 \pm 2,13$ мкм; $p < 0,03$. Представленные изменения могли привести к снижению функции микрокровотока, что способствовало замедлению кровотока, увеличению биохимически активного параэндотелиального пространства, нарушению перфузии и активации факторов минимального аллергического воспаления.

Ключевые слова: особенности микроциркуляции ногтевого ложа, обструктивный бронхит, бронхиальная астма, отягощенный аллергоанамнез, дети, клиническое наблюдение.

FEATURES OF MICROCIRCULATION CHANGES IN CHILDREN WITH A BURDENED ALLERGIC HISTORYTatiana I. Yushina¹, Tatiana A. Gutyrchik^{1,3}, Pavel V. Berezhanskij^{1,2}, Aleksandr B. Malakhov^{1,3,4}, Nikita A. Gutyrchik^{2,5}.

¹"Morozovskaya Children's City Clinical Hospital of the Moscow City Health Department"; ²"Peoples' Friendship University of Russia"; ³"Research Clinical Institute of Childhood of the Ministry of Health of the Moscow region"; ⁴"I.M. Sechenov First Moscow State Medical University" of the Ministry of Health of Russia (Sechenov University); ⁵Research Institute of Human Morphology named after Academician A.P. Avtsyin

Abstract: 129 children aged from 1 to 5 years were examined. Group 1 – 68 children (53%), with a burdened allergic anamnesis, group 2 – 61 children (47%), without a burdened allergic anamnesis. Microcirculation was assessed for children using capillaroscopy of the nail bed. Based on the results of the diagnosis: in children of group 1, more pronounced morphological changes in the capillary bed were determined: an increase in the number of capillaries per unit area, a change in the terminal capillaries; in children of group 2, the capillaries had a clear and orderly shape. The revealed changes in group 1 patients were caused by persistent allergic inflammation and hypoxia due to bronchial obstruction. There were changes in the coefficient of transverse deformation of parallel vessels, respectively, in group 1; in group 2, an increase in the diameter of the venular part of the capillaries. The presented changes could lead to a decrease in the function of microcirculation, which contributed to a slowdown in blood flow, an increase in the biochemically active paraendothelial space, impaired perfusion and activation of factors of minimal allergic inflammation.

Keywords: features of microcirculation of the nail-fold capillaroscopy, obstructive bronchitis, bronchial asthma, aggravated allergic anamnesis, children, clinical case.

ОСОБЕННОСТИ ВКЛАДА H₂S-ГЕНЕРИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ В АДАПТИВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КИСЛОРОДСВЯЗЫВАЮЩИХ СВОЙСТВ КРОВИ

Зинчук В.В., Билецкая Е.С., Володина А.А.

Гродненский государственный медицинский университет, Беларусь, 230009 Гродно, ул. Горького, 80, e-mail: zinchuk@grsmu.by

Сероводород относится к группе сигнальных агентов, называемых газотрансмиттерами и играет важную роль во многих физиологических процессах, в частности, в реализации кислородзависимых механизмов. Его образование осуществляется через ферментативные и неферментативные процессы, образующие H₂S-генерирующую систему.

Цель данного исследования – оценить особенности вклада H₂S-генерирующей системы в адаптивные изменения кислородсвязывающих свойств крови при действии озона в опытах *in vitro*. Осуществляли воздействие озоном (концентрация 6 мг/л) в присутствии препаратов, влияющие на синтез сероводорода (пропаргилглицин, гидросульфид натрия и его комбинация с нитроглицерином). Оценивались показатели кислородтранспортной функции крови. В плазме крови определяли концентрации сероводорода и монооксида азота спектрофотометрическим методом. Использовались методы непараметрической статистики с применением программы “Statistica 10.0”.

Инкубация крови с озоном увеличивает основные показатели кислородтранспортной функции крови и сопровождается сдвигом кривой диссоциации оксигемоглобина вправо. Введение ингибитора синтеза сероводорода в этих условиях приводит к уменьшению: рО₂ на 25,8% (р<0,05), SO₂ на 20,6% (р<0,05) по сравнению группой, в которую вводили только озон. Показатель сродства гемоглобина к кислороду р50реал при этом уменьшается на 13,6% (р<0,05), кривая диссоциации оксигемоглобина в этой серии смещается влево. При добавлении гидросульфида натрия в кровь, в условиях введения озона, не наблюдается усиления его эффекта на параметры кислородтранспортной функции крови. В тоже время введение комбинации нитроглицерина и гидросульфида натрия приводит к увеличению рО₂ на 15,2% (р<0,05), SO₂ на 15,9% (р<0,05). Показатель сродства гемоглобина к кислороду р50реал растёт на 27,6% (р<0,05) и соответственно кривая диссоциации оксигемоглобина сдвигается вправо по сравнению группой, в которую вводили только озон. Также наблюдается увеличение р50станд на 25,1% (р<0,05). Значимых изменений параметров кислотно-основного состояния не отмечается. Форменные элементы крови и прежде всего эритроциты, а также компоненты плазмы принимают активное участие в метаболизме сероводорода, контролируя его концентрацию. Эта сигнальная молекула метаболизируется в красных кровяных клетках при участии гемоглобина с образованием тиосульфатов и гидрополисульфидов, участвующих в биосигнализации.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о сложной природе вклада H₂S-генерирующей системы в адаптивные изменения кислородсвязывающих свойств крови при действии озона.

Ключевые слова: кровь, озон, газотрансмиттер, сероводород

Работа выполнена в рамках проекта № 30-24/549-21.

FEATURES OF THE CONTRIBUTION OF THE H₂S-GENERATING SYSTEM TO ADAPTIVE CHANGES IN BLOOD OXYGEN-BINDING PROPERTIES

V.V. Zinchuk, E.S. Biletskaya, A.A. Volodina

Grodno State Medical University, Grodno, Belarus

Abstract. The features of the contribution of the H₂S-generating system to adaptive changes in the oxygen-binding properties of blood were evaluated in experiments *in vitro*. Ozone exposure (concentration 6 mg/l) was carried out in the presence of drugs that affect the synthesis of hydrogen sulfide (propargylglycine, sodium hydrosulfide and its combination with nitroglycerin). The data obtained indicate the complex nature of the contribution of the H₂S-generating system to adaptive changes in the oxygen-binding properties of blood under the action of ozone.

Key words: blood, ozone, gas transmitter, hydrogen sulfide.

АВТОРСКИЙ ИНДЕКС

- Аббасов Р.Р. 41, 100
Аверьянов А.П. 102
Азнаурова О.В. 87
Акулич Н.В. 4
Александров С. 5
Алиев О.И. 26, 91
Аль-Джебур Д.Ш.О. 36
Андожская Ю.С. 6
Анищенко А.М. 91
Антонова Н. 7, 8
Асеева Е.В. 15
Ахремчук А.И. 80
Бабенко А.Ю. 17
Бахметьев А.С. 9, 95
Беляков К.В. 47
Бережанский П.В. 15, 111
Береснева О.Н. 10, 11, 40,
Бечев Б. 5
Билецкая Е.С. 37, 120
Богач Е.Н. 87
Богданова Е.О. 10
Бородавко О.Н. 54
Брилёнок Н.Б. 9
Бритвин Т.А. 17
Брук Т.М. 55
Булаева С.В. 14
Бутева И. 5
Быкова И.В. 12
Великанова Е.В. 77
Вельчева И. 7
Власов Т.Д. 65
Власова Т.И. 13
Волкова Е.Л. 14
Волов А.Н. 26
Володина А.А. 37, 120
Геппе Н.А. 15
Глазков А.А. 16, 17, 48
Глазкова П.А. 16, 17, 48
Головина О.Г. 92
Голубева А.Г. 18
Голубова Н.В. 18
Горчакова О.В. 54
Горшков А.Ю. 45, 105
Горшкова О.П. 20
Григорьева М.И. 21
Гриневич А.А. 99
Громов А.А. 50, 51
Гурия Г.Т. 63
Гурфинкель Ю.И. 22, 62, 85,
97
Гусева И.Е. 99
Гутырчик Н.А. 111
Гутырчик Т.А. 111
Дадаева В.А. 45, 105
Дерюгина А.В. 30
Дигурова И.И. 23
Добдин С.Ю. 9
Довыденко М.В. 24
Доможилова А.А. 25
Драпкина О.М. 45, 105
Дрёмин В.В. 19
Дубинская А.Д. 48
Дунаев А.В. 31, 32, 60, 61,
79, 105, 106
Дунаева О.И. 26, 91
Дячук Л.И. 22, 62, 97
Емануйлов В.И. 27
Емануйлова Н.В. 27, 35, 66,
110
Ератова Л.В. 28
Ермаков А.В. 38, 88, 90
Ермолинский П.Б. 29, 62,
64, 101
Еробкина Д.А. 30
Жарких Е.В. 31, 32, 60, 61,
79, 105, 106
Загаров С.С. 17
Закураева К.А. 82
Залетов И.С. 33, 89
Замышляев А.В. 27, 34, 35,
66, 74, 110
Зинчук В.В. 36, 37, 112
Зубарева В.Р. 72
Иванов А.Н. 38
Иванов И. 8
Иванова Г.Т. 10, 11, 39, 40,
108
Ивлев Д.А. 63
Изюмов Н.М. 86
Йовчев Св. 5
Карасев А.С. 41
Катаева А.А. 71
Кириязи Т.С. 38, 90
Кислов Н.В. 34, 56, 57
Кислухин В.В. 42, 43
Кислухина Е.В. 42, 43
Ковалева А.А. 93
Ковалева Ю.А. 16, 17, 103
Койчев Е. 7
Комлев В.Л. 74
Кононова Ю.А. 17
Константинова Е.Э. 44
Королев А.И. 45, 105
Корсакова Н.Е. 92, 96
Коршунова А.А. 46
Косов А.А. 93
Кошелев В.Б. 103, 104
Кошко О.И. 54
Красников Г.В. 47
Красникова И.В. 47
Красулина К.А. 16, 48
Кротова К.А. 49, 79
Крупаткин А.И. 61
Крутикова В.Ю. 82
Кручинина М.В. 50, 51
Кузичкин Д.С. 52
Кузнецова Е.А. 77, 78
Куликов А.Н. 40
Куликов Д.А. 17
Кучер А.Г. 10, 11
Лапитан Д.Г. 17
Ларьков Р.Н. 17
Лебедева М.С. 53, 75
Левкович Т.В. 54
Лемехова В.А. 34, 56, 57
Ленгерт Е.В. 38, 88, 90
Леонов С.Д. 41
Литвин Ф.Б. 12, 49, 55, 79
Лобов Г.И. 58, 108
Лозовская О.А. 65
Лойко Д.Д. 38, 59, 88, 90
Локтионова Ю.И. 32, 60, 61,
79, 105, 106
Луговцов А.Е. 22, 29, 62, 64,
73, 85, 97, 101
Магрисо М. 5
Мазур Н.Н. 17
Майсков Д.И. 33, 89
Макарова А.В. 63
Маковик И.Н. 28
Максимов М.К. 29, 64, 101
Малахов А.Б. 111
Малахова З.Л. 65
Мануйлов В.М. 93
Мартусевич А.К. 81
Масальцева Л.В. 70
Масина И.В. 27, 35, 66, 110
Матвиенко О.Ю. 67, 92
Машков К.В. 68, 95, 102
Мельникова Н.Н. 69
Мельцова А.Ж. 6
Менькова Н.С. 70, 79
Мисникова И.В. 103
Митева С. 5
Михайлов П.В. 14, 71, 77, 78
Михайлова М.А. 105

- Молотков О.А. 72
 Москаль Д.А. 72
 Муравьев А.А. 78,
 Муравьев А.В. 14, 29, 34,
 57, 62, 73, 74, 77, 78, 101
 Нечипуренко Н.И. 80
 Никитин С.Ю. 53, 75
 Новикова А.С. 6
 Овчинникова О.А. 76
 Омеляненко К.В. 45
 Осетров И.А. 14, 71, 77
 Осипенко И.В. 51
 Остроумов Р.С. 71, 77, 78
 Пазова В.К. 25
 Парай И.Л. 54
 Парастаева М.М. 10, 11
 Паршакова В.Е. 61, 79
 Паскова В. 7
 Пашковская И.Д. 80
 Петроченко А.С. 34, 74
 Петроченко Е.П. 56, 57, 73
 Петюкевич Е.В. 83
 Плотников М.Б. 26, 91
 Подопригора М.В. 36
 Поленов Н.И. 82
 Полозова А.В. 30
 Полудень В.Н. 83
 Поповичева А.Н. 81
 Потапова Е.В. 19, 82
 Приезжев А.В. 22, 29, 62,
 64, 73, 85, 97, 101
 Пронько Т.П. 54, 83
 Пучиньян Д.М. 84
 Рабко А.В. 50
- Рогаткин Д.А. 16, 17, 48
 Романова А.А. 22, 85, 97
 Рыжков М.А. 86
 Рябов М.М. 86
 Ряполова О.А. 87
 Савкина А.А. 38, 59, 88, 90
 Сагайдачный А.А. 33, 89, 95
 Сардаева Д.Г. 13
 Сахань М.А. 38, 90
 Селиванова Д.С. 16, 48
 Серёгина Е.С. 19
 Сидехменова А.В. 91
 Сидоров В.В. 15, 60, 61, 105,
 106
 Сидорович Р.Р. 80
 Силина Н.Н. 92
 Симаненкова А.В. 65
 Скедина М.А. 93
 Скорозвон М.С. 94
 Скрипаль А.В. 9, 33, 68, 89,
 95, 102
 Смирнова О.А. 96
 Снежицкий В.А. 83
 Советников Е.Н. 22, 85, 97
 Соколова А.С. 51
 Соколова И.Б. 98
 Сорокина А.А. 41
 Спиридонова О.С. 44
 Степанова Т.В. 38, 59, 88, 90
 Степанова Ю.И. 80
 Стоев С. 5
 Танканаг А.В. 99, 106
 Терехов А.Д. 100
 Тиселько А.В. 32
- Тихомирова И.А. 34, 46, 56,
 57, 73, 74, 86
 Тихонова И.В. 99
 Трифаненкова И.Г. 72
 Уланова А.С. 13
 Уляхина О.А. 91
 Умеренков Д.А. 101
 Усанов А.Д. 67, 94, 102
 Фабричнова А.А. 103
 Фадюкова О.Е. 104
 Фаркад Аль-Бадри 102
 Федорович А.А. 45, 60, 105
 Фомин А.В. 33, 89
 Фролов А.В. 106
 Халепо О.В. 24, 41, 72, 100,
 107
 Цапаева Н.Л. 44
 Царева И.А. 108
 Цыбров Е.Г. 53, 75
 Чаббаров Р.Г. 68
 Чалаков Х. 7
 Чащин М.Г. 45
 Чернявских С.Д. 94, 109
 Четвертаков Ю.В. 110
 Четвертакова Ж.Е. 27, 35,
 66, 110
 Шашков М.В. 51
 Шишканова Т.И. 13
 Щегловитова О.Н. 64
 Юрова О.В. 48
 Юшина Т.И. 111
 Яковина И.Н. 51
 Ярмолинская М.И. 82