

Состояние периферической гемодинамики и возможности немедикаментозной коррекции микроциркуляторных изменений у пациентов с профессиональными артрозами

С.А. Кармановская, Л.А. Шпагина, В.А. Дробышев, О.С. Котова, И.С. Шпагин, Л.А. Паначева, Г.В. Кузнецова

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Новосибирск, Россия

АННОТАЦИЯ

В е д е н и е . Низкоинтенсивная электроимпульсная стимуляция пораженных суставов активизирует микроциркуляцию и трофику тканей, выход в сосудистое русло опиоидных нейропептидов, что определяет использование чрескожной электронейростимуляции в качестве эффективного и малозатратного метода реабилитации профессиональных гонартрозов.

Ц е л ь . Изучить состояние артерий нижних конечностей у пациентов с профессиональными гонартрозами (ПГА) и обосновать применение динамической электронейростимуляции (ДЭНС) для коррекции микроциркуляторных нарушений.

М а т е р и а л ы и м е т о д ы . Обследовано 55 мужчин с ПГА (средний возраст 49.3 ± 3.6 года, средний стаж работы 22.3 ± 3.6 года) – основная группа. Группу контроля составили 20 практически здоровых мужчин, работающих в допустимых условиях труда. Проведены ультразвуковое доплерографическое исследование сосудов нижних конечностей и лазерная доплеровская флоуметрия. Для оценки немедикаментозной коррекции микроциркуляторных изменений пациенты основной группы были рандомизированы в две группы: 1-я (35 чел.) получала стандартный комплекс лечения в комбинации с ДЭНС в течение 14 дней. Пациенты 2-й группы (20 чел.) получали только стандартную терапию.

Р е з у л ь т а т ы . При доплерографии в заднеберцовых артериях у пациентов с ПГА было выявлено повышение, относительно контрольных показателей, систоло-диастолического индекса на 11.48 %, индекса резистентности – на 6.9 %, индекса пульсации – на 8.8 %, а также увеличение показателя толщины комплекса интима-медиа в 1.46 раза. У пациентов с ПГА выявлено снижение показателя микроциркуляции, относительно показателей контрольной группы, в 1.3 раза, амплитуды вазомоторных (Av) и пульсовых (Ap) колебаний – в 1.6 и 2.4 раза соответственно. При проведении дыхательной и окклюзионной проб у пациентов с ПГА выявлено, в сравнении с аналогичными показателями контрольной группы, увеличение показателя резерва капиллярного кровотока (РКК) в 1.2 и 1.3 раза соответственно, показателя «биологического нуля» – в 1.4 раза и уменьшение времени полувосстановления кровотока в 1.2 раза. У пациентов после лечения с применением ДЭНС показатель микроциркуляции увеличился в 1.2 раза от исходных значений, показатели амплитуды медленных Av и Ap колебаний выросли в 1.2 и 1.9 раза соответственно, РКК в дыхательной пробе снизился в 1.3 раза, а в окклюзионной увеличился в 1.16 раза, чего не отмечалось в группе стандартной терапии.

З а к л ю ч е н и е . У пациентов с ПГА выявляется значимое ремоделирование подколенных и заднеберцовых артерий, нарушение процессов микроциркуляции при одновременном снижении реактивности сосудистой стенки и застойных явлениях в венозных микрососудах. Оптимизация комплексного лечения гонартрозов низкоинтенсивной электроимпульсной стимуляцией оказывает положительное влияние на состояние микроциркуляции, способствуя увеличению перфузии тканей и уменьшению застойных явлений в венах.

Ключевые слова: профессиональный гонартроз, линейная скорость кровотока, ремоделирование сосудов, динамическая электронейростимуляция, показатель микроциркуляции, пульсовые колебания, амплитуда вазомоторных колебаний, резерв капиллярного кровотока, заднеберцовые артерии.

Образец цитирования: Кармановская С.А., Шпагина Л.А., Дробышев В.А., Котова О.С., Шпагин И.С., Паначева Л.А., Кузнецова Г.В. Состояние периферической гемодинамики и возможности немедикаментозной коррекции микроциркуляторных изменений у пациентов с профессиональными артрозами // Journal of Siberian Medical Sciences. 2022;6(3):42–56. DOI: 10.31549/2542-1174-2022-6-3-42-56

Поступила в редакцию 24.02.2022
Прошла рецензирование 28.02.2022
Принята к публикации 14.03.2022

Автор, ответственный за переписку
Дробышев Виктор Анатольевич: ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России. 630091, г. Новосибирск, Красный просп., 52.
E-mail: doctorvik@yandex.ru

Received 24.02.2022
Revised 28.02.2022
Accepted 14.03.2022

Corresponding author
Victor A. Drobyshev: Novosibirsk State Medical University, 52, Krasny pros., Novosibirsk, 630091, Russia.
E-mail: doctorvik@yandex.ru

Peripheral blood circulation and the possibility of non-drug correction of microcirculatory changes in patients with occupational osteoarthritis

S.A. Karmanovskaya, L.A. Shpagina, V.A. Drobyshev, O.S. Kotova, I.S. Shpagin, L.A. Panacheva, G.V. Kuznetsova

Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia

ABSTRACT

I n t r o d u c t i o n . Low-intensity pulsed electric stimulation of the affected joints activates microcirculation and trophism, release of opioid neuropeptides into the vascular bed, which determines the use of transcutaneous electric nerve stimulation as an effective and low-cost method for the rehabilitation of occupational knee osteoarthritis.

A i m . To study the state of the arteries of the lower extremities in patients with occupational knee osteoarthritis (OKO) and substantiate the use of dynamic electric nerve stimulation (DENS) for the correction of microcirculatory disorders.

M a t e r i a l s a n d m e t h o d s . The study included 55 men with occupational OKO (mean age 49.3 ± 3.6 years, mean work experience 22.3 ± 3.6 years) – the main group. The control group consisted of 20 apparently healthy men working in allowable job conditions. Doppler ultrasound of vessels of the lower extremities and laser Doppler flowmetry were performed. To assess the non-drug correction of microcirculatory changes, the patients of the main group were randomized into two groups: the 1st group (35 individuals) received a conventional treatment in combination with DENS for 14 days. Patients of the 2nd group (20 individuals) received only conventional therapy.

R e s u l t s . Doppler ultrasound for the posterior tibial arteries in patients with OKO showed an increase in the systolic-diastolic ratio by 11.48% from the baseline values, the resistivity index – by 6.9%, the pulsatility index – by 8.8%, and an increase in intima-media thickness by 1.46 times as well. In patients with OKO, a decrease in the microcirculation indicator by 1.3 times was revealed, relative to the indicators of the control group; the amplitude of vasomotor (Av) and pulsatile (Ap) oscillations – by 1.6 and 2.4 times, respectively. When performing the breath-holding and occlusion tests in patients with OKO and the control group, an increase in capillary blood flow reserve (CBFR) by 1.2 and 1.3 times, respectively, was revealed; as well as the biological zero values – by 1.4 times and a decrease in the half time of blood flow recovery – by 1.2 times. In patients after treatment with DENS, the microcirculation indicator increased by 1.2 times compared to the baseline values, the amplitudes of slow Av and Ap oscillations increased by 1.2 and 1.9 times, respectively, BFR in the breath-holding test decreased by 1.3 times, and in the occlusion test increased by 1.16 times, which was not observed in the 2nd group.

C o n c l u s i o n . In patients with OKO, the significant remodeling of the popliteal and posterior tibial arteries, impaired microcirculation processes with a simultaneous decrease in the vascular reactivity and congestion in venous microvessels are revealed. Optimization of the comprehensive treatment of knee osteoarthritis by low-intensity pulsed electric stimulation has a positive effect on microcirculation, contributing to an increase in tissue perfusion and a decrease in venular congestion.

Keywords: occupational knee osteoarthritis, blood flow velocity, vascular remodeling, dynamic electric nerve stimulation, indicator of microcirculation, pulsatile oscillations, amplitude of vasomotor oscillations, capillary blood flow reserve, posterior tibial arteries.

Citation example: Karmanovskaya S.A., Shpagina L.A., Drobyshev V.A., Kotova O.S., Shpagin I.S., Panacheva L.A., Kuznetsova G.V. Peripheral blood circulation and the possibility of non-drug correction of microcirculatory changes in patients with occupational osteoarthritis. *Journal of Siberian Medical Sciences*. 2022;6(3):42–56. DOI: 10.31549/2542-1174-2022-6-3-42-56

ВВЕДЕНИЕ

Профессионально обусловленные заболевания костно-суставной системы, связанные с воздействием комплекса физических факторов и функционального перенапряжения, отличаются своеобразием патологического симптомокомплекса, полисиндромностью и наличием неспецифических симптомов, что создает определенные диагностические трудности [1–5]. При профессиональном гонартрозе (ПГА) выявлены соче-

INTRODUCTION

Occupationally conditioned diseases of osteoarticular system associated with the impact of a complex of physical factors and functional overstrain are distinguished by the peculiarity of the pathological set of symptoms, multisyndromal character, and presence of non-specific symptoms, which creates certain diagnostic difficulties [1–5]. In occupational knee osteoarthritis (OKO), the combined changes in bone and cartilage metabolism were revealed with a

танные изменения костного и хрящевого метаболизма с преобладанием дегенерации хрящевой ткани при низкой интерференции воспаления, в генезе которых ведущую роль играют микроциркуляторные нарушения, изменения нейрогуморальной регуляции, липидного и костного метаболизма со снижением энергетического обеспечения органов и тканей, хронической гипоксии [6–10].

Международное общество по изучению остеоартроза опубликовало ряд клинических рекомендаций по лечению остеоартроза (ОА) коленных и тазобедренных суставов, включающих в себя как медикаментозные, так и немедикаментозные способы лечения с указанием обязательных и условно-обязательных методов [11–17].

При сопоставлении звеньев патогенеза ОА и механизма действия чрескожной электростимуляции, в том числе нового направления – динамической электростимуляции (ДЭНС), были получены сведения об оптимизации функционирования антиноцицептивных и трофических процессов в патологически измененных тканях за счет местных, сегментарно-рефлекторных процессов и общих реакций [18–23]. Динамическая электростимуляция области пораженного сустава приводит к локальным изменениям микроциркуляции и трофики тканей за счет местных (механизм аксон-рефлекса) и сегментарно-рефлекторных реакций, что вызывает выход в сосудистое русло и синтез эндогенных опиатов [24]. Происходящее одновременно с пассивным сокращением мышц расширение периферических сосудов приводит к усилению артериального притока, венозного оттока и лимфообращения [25].

В литературе недостаточно работ, посвященных исследованию эффективности комплексной медицинской реабилитации, включающей чрескожную электростимуляцию, для коррекции гемодинамических изменений у пациентов с профессиональными артрозами опорных суставов.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучить состояние периферического кровообращения у пациентов с профессиональными гонартрозами и обосновать применение ДЭНС для коррекции микроциркуляторных нарушений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В условиях специализированного отделения профессиональной патологии ГБУЗ НСО «Городская клиническая больница № 2» г. Новосибирска (главный врач – д-р мед. наук, профессор

predominance of cartilage tissue degradation with low inflammation interference, in the genesis of which a leading role is played by microcirculatory disorders, changes in neurohumoral regulation, lipid and bone metabolism with a decrease in the energy supply of organs and tissues, chronic hypoxia [6–10].

The Osteoarthritis Research Society International (OARSI) has published a number of clinical guidelines for the treatment of osteoarthritis (OA) of the knee and hip joint, including both drug and non-drug treatment, and indicating mandatory and conditionally mandatory methods [11–17].

When comparing the components of the OA pathogenesis and the mechanism of transcutaneous electric nerve stimulation, including a new direction – dynamic electric neurostimulation (DENS), the data were obtained on optimization of antinociceptive and trophic processes in abnormally changed tissues due to local, segmental reflex processes and bodily reactions [18–23]. Dynamic electric stimulation of the affected joint area leads to local changes in microcirculation and tissue trophism due to local (axon reflex mechanism) and segmental reflex reactions, which causes the release into the vascular bed and the synthesis of endogenous vasodilators [24]. Peripheral vasodilatation that occurs simultaneously with passive muscle contraction leads to an increase in arterial flow, venous outflow, and lymph circulation [25].

There are not enough works in the literature devoted to the study of the effectiveness of comprehensive medical rehabilitation, including transcutaneous electric nerve stimulation, for the correction of changes of blood circulation in patients with occupational osteoarthritis of the weight bearing joints.

AIM OF THE RESEARCH

To study the state of peripheral blood circulation in patients with occupational knee osteoarthritis and justify the use of DENS for the correction of microcirculatory disorders.

MATERIALS AND METHODS

55 men (main group) with knee osteoarthritis (occupational pathology), 46–53 years old (mean age 49.3 ± 3.6 years), mean work experience 22.3 ± 3.6 years, from workers of the following specialties: aircraft machine fitter – 30 men (54.5%), aircraft repairman – 25 men (45.5%) were examined in the specialized Department of Occupational Pathology of the City Clinical Hospital No. 2, Novosibirsk (Chief Physician – Dr. Sci. (Med.), Professor L.A. Shpagina). The control group was represented by 20 apparently healthy men with normal body

Л.А. Шпагина) обследовано 55 мужчин (основная группа), с гонартрозом (профессиональная патология), 46–53 лет (средний возраст 49.3 ± 3.6 года), средний стаж работы 22.3 ± 3.6 года, из рабочих следующих специальностей: слесарь-сборщик двигателей и агрегатов – 30 чел. (54.5 %), слесарь по ремонту летательных аппаратов – 25 чел. (45.5 %). Контрольная группа была представлена 20 практически здоровыми мужчинами с нормальной массой тела, без отягощенной наследственности, работающими в допустимых условиях труда (2-й класс).

В исследование не включались пациенты с заболеваниями сердечно-сосудистой системы, в том числе с артериальной гипертензией, ишемической болезнью сердца, клинически значимыми вариантами периферического атеросклероза и эндартериитом, ожирением, диффузными заболеваниями соединительной ткани, анемиями, врожденными и приобретенными эндокринными заболеваниями, нарушениями развития костно-суставного аппарата, травматическими повреждениями и их последствиями, воспалительными заболеваниями костно-суставной системы. От всех пациентов получено информированное согласие на участие в исследовании, в соответствии с международными этическими требованиями Всемирной организации здравоохранения.

Наиболее часто больные предъявляли жалобы на тугоподвижность в коленных суставах, боль в коленных суставах при нагрузке и в покое: так, боли при определенных движениях отмечались в 92.4 % случаев, ночные боли – в 64.2 %, блокадные боли – в 60.3 % случаев соответственно. У больных ПГА наиболее часто имел место симптомокомплекс (боль при определенных движениях, ночные и блокадные боли), характерный для патологического процесса в периартикулярных структурах, внутрикостной гиперемии и гипертензии, ущемления свободных внутрисуставных тел.

При обследовании пациентов применялись следующие методы исследования: клинические, лучевые (стандартная рентгенография, рентгеновская компьютерная томография, ультразвуковое исследование коленных суставов, ультразвуковое доплерографическое исследование периферических сосудов нижних конечностей), функциональные (лазерная доплеровская флоуметрия).

Ультразвуковую доплерографию (УЗДГ) периферических артерий проводили на аппарате Logiq 400 (США) линейным датчиком 7.5 МГц в

weight, not hereditary tainted, working in allowable job conditions (grade 2).

The study did not include patients with diseases of the cardiovascular system, including arterial hypertension, coronary heart disease, clinically significant variants of peripheral atherosclerosis and endarteritis, obesity, diffuse connective tissue diseases, anemia, congenital and acquired endocrine diseases, disorders of development of the osteoarticular apparatus, traumatic injuries and their consequences, inflammatory diseases of the osteoarticular system. Informed consent was obtained from all patients to participate in the study, in accordance with the international ethical requirements of the World Health Organization.

Most often, patients complained of stiffness in the knee joints, pain in the knee joints on exertion and at rest: for example, pains on certain movements was noted in 92.4% of cases, night pains – in 64.2%, pains caused by locked knee – in 60.3% of cases, respectively. Patients with OKO most often had a set of symptoms (pain on certain movements, night pains and pains caused by locked knee), characteristic of a pathological process in periarticular structures, intraosseous hyperemia and hypertension, and entrapment of loose intra-articular bodies.

When examining patients, the following methods were used: clinical, radiation (radiography, X-ray computed tomography, ultrasound of the knee joints, Doppler ultrasound of the peripheral vessels of the lower extremities), functional (laser Doppler flowmetry).

The real time Doppler ultrasound (DU) of the peripheral arteries was performed on a Logiq 400 device (USA) with a 7.5 MHz linear array transducer. The structural and functional state of the femoral, popliteal, posterior tibial arteries was studied using criteria and standards for each region, an integral indicator of vascular remodeling was determined (IMT/D – the ratio of intima-media thickness to diameter of a vessel). The examination was carried out in a supine recumbent position of an individual, for the popliteal artery – in a prone position. The control volume was located at an equal distance from the vessel walls, and its value corresponded to 2/3 of the lumen of a vessel. The linear velocity of blood flow in a vessel was measured at an angle between the direction of the ultrasonic beam and the plane of the vessel's course of no more than 60°.

To assess the state of microcirculation in real time, laser Doppler flowmetry (LDF) was performed on a LAKK-01 laser analyzer of the surface capillary blood flow (Russia) [26]. Measurements were performed on a big toe from the plantar surface of the foot for 3 min, at rest. Then a Doppler image was

режиме реального времени. При УЗДГ изучалось структурно-функциональное состояние бедренных, подколенных, задних берцовых артерий с использованием критериев и нормативов применительно к каждой области исследования, определялся интегральный показатель ремоделирования сосудов (индекс ТИМ/Д – отношение толщины комплекса интима-медиа к диаметру сосуда). Исследование проводилось в горизонтальном положении больного на спине, для подколенной артерии – на животе. Контрольный объем располагался на равном удалении от стенок сосуда, а его величина соответствовала 2/3 просвета сосуда. Линейная скорость кровотока в сосуде измерялась при угле между направлением ультразвукового луча и плоскостью хода сосуда не более 60°.

Для оценки состояния микроциркуляции в реальном масштабе времени проводилась лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ) на лазерном анализаторе скорости поверхностного капиллярного кровотока ЛАКК-01 (Россия) [26]. Измерения проводились на первом пальце с подошвенной поверхности стопы в течение 3 мин, в состоянии покоя. Затем доплерограмма подвергалась компьютерной обработке с вычислением среднего значения показателя микроциркуляции (ПМ), среднеквадратического отклонения и коэффициента вариации. После записи исходного кровотока проводились функциональные пробы – дыхательная и окклюзионная. На основании дыхательной пробы оценивалось снижение кровотока в ответ на активацию симпатической нервной системы, окклюзионная проба определяла уровень «биологического нуля», соответствующего ПМ в отсутствие артериального притока. Резервные возможности микроциркуляторного русла изучались по увеличению кровотока во время реактивной гиперемии. Рассчитывался показатель резерва капиллярного кровотока (РКК), оценивающий отношение максимального значения ПМ во время постокклюзионной гиперемии к его исходному значению. После проведения анализа исходной доплерограммы и расчета результатов функциональных проб определялся гемодинамический тип микроциркуляции. Показатель микроциркуляции измерялся в условных единицах и был пропорционален скорости движения эритроцитов, величине гематокрита в микрососудах и количеству функционирующих капилляров в исследуемом участке кожи.

Для оценки влияния ДЭНС на параметры микроциркуляторного русла все обследованные

subjected to computer processing with the calculation of an average value of the microcirculation indicator (MI), standard deviation and coefficient of variation. After recording the initial blood flow, functional tests were performed – breath-holding and occlusion. Based on the breath-holding test, a decrease in the blood flow in response to the activation of the sympathetic nervous system was assessed, and the occlusion test determined the level of biological zero corresponding to MI in the arterial flow absence. The reserve capacity of the microvasculature was studied by increasing blood flow during reactive hyperemia. The size of capillary blood flow reserve (CBFR) was calculated, assessing the ratio of the maximum value of MI during post-occlusive hyperemia to its baseline value. After analyzing the initial Doppler image and calculating the functional tests' data the hemodynamic type of microcirculation was defined. The microcirculation indicator was measured in arbitrary units and was proportional to the erythrocyte flow velocity, value of hematocrit in microvessels, and number of functioning capillaries at the examined site of the skin.

To assess the effect of DENS on the parameters of the microcirculatory bed, all those examined with OKO were randomly divided into two groups: the 1st group (35 individuals) received a conventional treatment (non-steroidal anti-inflammatory drugs, segmental reflex massage) in combination with DENS using a DiaDENS-PKM device (registration certificate of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 29/23020701/2051-01 dated 06.12.2001, Russia), in the first half of the day, on the site of frontal projection of the joints, at a frequency of 77 Hz – to correct microcirculation disorders, improve trophism, reduce pain syndrome – for 20 min daily for 14 days. Patients of the 2nd group (20 people) received a conventional treatment without DENS.

Therapeutic and recreational activities were implemented after the patients signed an informed consent, and permission from the local ethical committee to carry out the research work was obtained.

Statistical processing was carried out using the statistical package Statistica 6.0 (2000). For normality analysis the Kolmogorov-Smirnov test was used. To determine the statistical significance of differences between dependent samples under the normal distribution law, Student's *t*-test (*t*) was used for paired observations. If the distribution of the studied samples differed from the normal one, the Wilcoxon's rank sum test was used. The Fisher's test was used to analyze qualitative variables. To determine the significance of differences between independent samples under the normal distribution law, the Stu-

с ПГА методом случайной выборки были распределены в две группы: 1-я (35 чел.) получала стандартный комплекс лечения (нестероидные противовоспалительные препараты, сегментарно-рефлекторный массаж) в комбинации с ДЭНС от аппарата ДиаДЭНС-ПКМ (рег. удостоверение МЗ РФ № 29/23020701/2051-01 от 06.12.2001, Россия), в первой половине дня, на зону прямой проекции суставов, с частотой 77 Гц – для коррекции нарушений микроциркуляции, улучшения трофики, уменьшения болевого синдрома по 20 мин ежедневно в течение 14 дней. Пациенты 2-й группы (20 чел.) получали стандартный комплекс терапии без ДЭНС.

Лечебно-оздоровительные мероприятия выполнялись после подписания больными информированного согласия, на выполнение научно-исследовательских работ было получено разрешение локального этического комитета.

Статистическая обработка осуществлялась с использованием статистического пакета Statistica 6.0 (2000). Для проверки на нормальность распределения признаков использовался критерий Колмогорова – Смирнова. Для определения статистической значимости различий зависимых выборок при нормальном законе распределения использовали критерий Стьюдента (t) для парных наблюдений. Если распределение изучаемых выборок отличалось от нормального, применяли T -критерий Вилкоксона. Для анализа качественных признаков использовали критерий Фишера. Для определения достоверности различий независимых выборок при нормальном законе распределения использовали t -критерий Стьюдента для независимых наблюдений. Если распределение изучаемых выборок отличалось от нормального, применяли непараметрический U -критерий Манна – Уитни. Анализ таблиц сопряженности проводили с использованием критерия согласия χ^2 (при объеме выборки более 50 и частотах более 5) или (при невыполнении этих требований) точного критерия Йетса. Данные представляли в виде «среднего» (M) и его ошибки ($\pm m$). Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез в исследовании принимался равным 0.05 (p).

Для анализа взаимосвязи двух и более признаков применялся корреляционный анализ по Спирмену: рассчитывался коэффициент линейной корреляции (r) и его достоверность, приняты коэффициенты корреляции выше табличных при уровне значимости $p < 0.05$. Наличие высокой и средней корреляционной взаимосвязи считали при r от 0.3 до 1.0.

dent's t -test was used for independent observations. If the distribution of the studied samples differed from the normal one, non-parametric the Mann-Whitney U -test was used. The contingency tables were analyzed using the chi-square goodness-of-fit test, χ^2 -test (with a sample size of more than 50 and frequencies of more than 5) or (if these requirements were not met) Yates' correction. Data were presented as mean (M) and its error ($\pm m$). The significance level (p) in testing statistical hypotheses in the study was taken equal to 0.05.

To analyze the correlation between two or more variables, the Spearman's correlation analysis was used: the linear correlation coefficient (r) and its significance were calculated, correlation coefficients higher than those in the tables were taken at a significance level of $p < 0.05$. The presence of a high and medium correlation relationship was considered at r from 0.3 to 1.0.

To analyze the type of dependence of several variables, the multiple regression analysis was used, on the basis of which a statistical model was created with the following characteristics: the coefficient of multiple determination (R^2) showing the degree of dependence of the variables (at $p < 0.05$, it was believed that the model adequately describes the relationship of variables), the following regression equations were constructed:

$$Y = a + b_1 X_1 + \dots + b_n X_n,$$

where Y – the explained symptom;

a – the constant;

b – regression coefficients showing how much the mean value of the dependent variable varies with each unit of measurement of the independent variable;

X_1, X_n – prognostics.

RESULTS AND DISCUSSION

When studying the parameters of hemocirculation in the arterial bed of the lower extremities in patients with occupational knee osteoarthritis, the following was recorded (Table 1): no significant differences were found in the velocity indicators characterizing blood flow and vascular resistance indices in the femoral artery compared with the control group. At the same time, in patients with knee osteoarthritis, an increased intima-media thickness relative to the control values was detected, which, however, did not reach statistical significance ($p = 0.064$).

When studying the linear blood flow velocities in the popliteal artery in patients with OKO, no significant differences from those in the control group were found, but there were structural and functional

Для анализа вида зависимости нескольких признаков использовался метод множественного регрессионного анализа, на основе которого создавалась статистическая модель со следующими расчетными характеристиками: коэффициент множественной детерминации (R^2), показывающий степень зависимости признаков (при $p < 0.05$ считалось, что полученная модель адекватно описывает взаимосвязь признаков), строились уравнения регрессии следующего вида:

$$Y = a + b_1 X_1 + \dots + b_n X_n,$$

где Y – объясняемый признак;

a – константа;

b – коэффициенты регрессии, показывающие насколько сильно среднее значение зависимого признака варьирует с каждой единицей измерения независимого признака;

X_1, X_n – прогностические признаки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При изучении параметров гемодинамики в артериальном русле нижних конечностей у пациентов с профессиональным гонартрозом было зафиксировано следующее (табл. 1): в скоростных показателях, характеризующих кровотоки, и индексах сосудистого сопротивления в бедренной артерии, в сравнении с группой контроля, не было выявлено достоверных отличий. При этом у пациентов с гонартрозом выявлялось увеличение толщины комплекса интима-медиа относительно контрольных значений, не достигающее тем не менее статистической значимости ($p = 0.064$).

При изучении линейных скоростей кровотока в подколенной артерии у пациентов с ПГА достоверных отличий от показателей контрольной группы зафиксировано не было, но отмечались структурно-функциональные изменения изучаемой артерии в виде достоверного утолщения сосудистой стенки, относительно показателя толщины комплекса интима-медиа в группе контроля, в 1.23 раза ($p = 0.035$).

При исследовании заднеберцовых артерий у пациентов с ПГА, относительно контрольных показателей, было обнаружено значимое повышение систоло-диастолического индекса (V_{\max}/V_{\min}) на 11.48 % ($p = 0.044$); индекса резистентности (RI) – на 6.9 % ($p = 0.047$); пульсаторного индекса (PI) – на 8.8 % ($p = 0.041$). При изучении морфофункциональных параметров у обследованных в группе ПГА было зарегистрировано достоверное увеличение показателя толщины комплекса интима-медиа, относительно

changes in the studied artery in the form of a significant vascular wall thickening, relative to intima-media thickness in the control group, by 1.23 times ($p = 0.035$).

In the study of the posterior tibial arteries in patients with OKO, a significant increase in the systolic-diastolic ratio (V_{\max}/V_{\min}) was found, exceeding the control parameters by 11.48% ($p = 0.044$); resistance index (RI) – by 6.9% ($p = 0.047$); pulsatility index (PI) – by 8.8% ($p = 0.041$). When studying the morphological and functional parameters in the OKO group, a significant increase in intima-media thickness was recorded, relative to the same value in the control group, by 1.46 times ($p = 0.023$).

During the study of the baseline parameters of microcirculation in the lower extremities using laser Doppler flowmetry, the following was found (Table 2): the microcirculation indicator in patients with OKO was 1.3 times lower than in the control group ($p = 0.036$), while the amplitude-frequency analysis of the obtained data showed a decrease in the amplitude of vasomotor oscillations (Av) by 1.6 times relative to similar indicators in the control group ($p = 0.019$). The average values of the amplitude of pulsatile oscillations (Ap) turned out to be 2.4 times lower than the control ones ($p = 0.001$), which gave reason to assume the presence of a spastic component in the mechanisms of microcirculation disorders. When performing the breath-holding test in patients with OKO, an increase in the CBFR values by 1.23 times ($p = 0.041$) was revealed in comparison with the control group, which indicated a decrease in the sensitivity of the vascular wall, both due to the initial spasm of the afferent microvessels and the venous stasis influence.

The occlusion test revealed an excess of the biological zero value in the group of patients with OKO by 1.4 times ($p = 0.033$), as well as a decrease in CBFR by 1.3 times ($p = 0.028$) and a mild decrease in the half time of blood flow recovery by 1.2 times ($p = 0.045$) in comparison with the control group, which is a characteristic sign of congestion hemodynamic type of microcirculation.

The breath-holding and occlusion tests turned out to be diagnostically significant in this group of patients: an increase in CBFR during the breath-holding test, a decrease in CBFR and an increase in biological zero value during the occlusion test indicated a low level of functioning capillaries at baseline, which contributed to stasis and congestion in venules.

It should be noted that microcirculatory changes can have a negative impact on the trophism of cartilage tissue, which receives the necessary substances via diffusion from the vessels of the subchondral

Таблица 1. Количественные показатели артериального кровотока в сосудах нижних конечностей у пациентов с профессиональным гонартрозом и в группе контроля (M ± m)**Table 1.** Quantitative indicators of arterial blood flow in the vessels of the lower extremities in patients with occupational knee osteoarthritis and in the control group (M ± m)

Показатель Indicator	Группа Group	Бедренная артерия Femoral artery	Подколенная артерия Popliteal artery	Заднеберцовая артерия Posterior tibial artery
V_{max} , см/с (cm/s)	ПГА / ОКО (n = 55)	82.68 ± 1.49	63.17 ± 1.35	52.34 ± 1.57
	Контроль / Control (n = 20)	83.66 ± 1.54	63.17 ± 1.35	49.25 ± 1.22
V_{min} , см/с (cm/s)	ПГА / ОКО (n = 55)	24.98 ± 0.59	18.94 ± 0.47	14.54 ± 0.38
	Контроль / Control (n = 20)	25.04 ± 0.51	18.94 ± 0.47	13.89 ± 0.36
V_{max}/V_{min}	ПГА / ОКО (n = 55)	3.36 ± 0.05	3.35 ± 0.06	3.98 ± 0.05*
	Контроль / Control (n = 20)	3.31 ± 0.03	3.35 ± 0.06	3.57 ± 0.04
TAMX, см/с (cm/s)	ПГА / ОКО (n = 55)	35.57 ± 0.77	27.12 ± 0.62	21.57 ± 0.51
	Контроль / Control (n = 20)	35.48 ± 0.73	27.12 ± 0.62	20.93 ± 0.55
RI	ПГА / ОКО (n = 55)	0.69 ± 0.02	0.71 ± 0.007	0.77 ± 0.05*
	Контроль / Control (n = 20)	0.70 ± 0.03	0.71 ± 0.007	0.72 ± 0.03
PI	ПГА / ОКО (n = 55)	1.67 ± 0.03	1.65 ± 0.02	1.85 ± 0.03*
	Контроль / Control (n = 20)	1.66 ± 0.03	1.65 ± 0.02	1.70 ± 0.04
ТИМ, мм IMT, mm	ПГА / ОКО (n = 55)	0.72 ± 0.03	0.79 ± 0.01*	0.94 ± 0.01*
	Контроль / Control (n = 20)	0.65 ± 0.05	0.64 ± 0.06	0.64 ± 0.04

П р и м е ч а н и я : ПГА – профессиональный гонартроз; V_{max} – максимальная скорость кровотока; V_{min} – минимальная скорость кровотока; TAMX – средняя по времени максимальная скорость кровотока; RI – индекс резистентности; PI – пульсаторный индекс; ТИМ – толщина комплекса интима-медиа.

* Различия достоверны по сравнению с группой контроля ($p < 0.05$).

Not e : OKO – occupational knee osteoarthritis; V_{max} – maximum blood flow velocity; V_{min} – minimum blood flow velocity; TAMX – time-average maximum blood flow velocity; RI – resistance index; PI – pulsatility index; IMT – intima-media thickness.

* Differences are significant in comparison with the control group ($p < 0.05$).

аналогичного значения в контрольной группе, в 1.46 раза ($p = 0.023$).

При исходном изучении параметров микроциркуляции нижних конечностей методом лазерной доплеровской флоуметрии было установлено следующее (табл. 2): показатель микроциркуляции у пациентов с ПГА оказался в 1.3 раза меньше показателей контрольной группы ($p = 0.036$), при этом амплитудно-частотный анализ полученных данных показал снижение амплитуды вазомоторных колебаний (Δv) в 1.6 раза относительно аналогичных показателей в контрольной группе ($p = 0.019$). Средние показатели амплитуды пульсовых колебаний (Δp) оказались в 2.4 раза ниже контрольных значений ($p = 0.001$),

bone and synovial fluid [27]. At the same time, the influence of even minor vascular and metabolic changes on the severity of osteoarthritis was established [28].

The results of LDF at the end of the rehabilitation course indicated an increase in MI in patients of the 1st group by 1.2 times ($p = 0.041$) compared to the baseline values and approached the control figures, while in patients of the 2nd group, the MI parameters did not change significantly (Fig. 1). After accomplishing the rehabilitation course, patients in the 1st group showed a 1.2-fold increase in the amplitude of slow vasomotor oscillations, which indicated the antispastic effect of DENS for resistive microvessels (Fig. 2). The parameters of the amplitude of pulsatile oscilla-

Таблица 2. Количественные показатели артериального кровотока в сосудах нижних конечностей у пациентов с профессиональным гонартрозом и в группе контроля ($M \pm m$)
Table 2. Quantitative indicators of arterial blood flow in the vessels of the lower extremities in patients with occupational osteoarthritis and in the control group ($M \pm m$)

Показатель Indicator	Контрольная группа Control group (n = 20)	Пациенты с профессиональным гонартрозом Patients with occupational osteoarthritis (n = 55)
ПМ, перф. ед. / MI, PU	5.3 ± 0.26	4.2 ± 0.08*
Ав, перф. ед. / Av, PU	1.80 ± 0.07	1.10 ± 0.13*
Ап, перф. ед. / Ap, PU	0.60 ± 0.03	0.25 ± 0.02*
РКК ДП, % / СВFR BHT, %	22.8 ± 3.0	28.2 ± 4.8*
ОП «биологический нуль», перф. ед. OT "biological zero", PU	2.5 ± 0.08	3.5 ± 0.09*
РКК ОП, % / СВFR ОТ, %	265.5 ± 56.2	200 ± 50.1*
$T_{1/2}$ ОП, с / $T_{1/2}$ ОТ, s	32.5 ± 1.2	27.4 ± 1.1*

П р и м е ч а н и я : ПМ – показатель микроциркуляции; перф. ед. – перфузионные единицы; Ав – амплитуда вазомоторных колебаний; Ап – амплитуда пульсовых колебаний; РКК ДП – резерв капиллярного кровотока при проведении дыхательной пробы; ОП – окклюзионная проба; РКК ОП – резерв капиллярного кровотока при проведении окклюзионной пробы; $T_{1/2}$ ОП – время полувосстановления при проведении окклюзионной пробы.

* Различия достоверны по сравнению с группой контроля ($p < 0.05$).

Н o t e : MI – microcirculation indicator; PU – perfusion units; Av – amplitude of vasomotor oscillations; Ap – amplitude of pulsatile oscillations; СВFR BHT – capillary blood flow reserve during the breath-holding test; OT – occlusion test; СВFR ОТ – capillary blood flow reserve during the occlusion test; $T_{1/2}$ CT – half time of recovery during the occlusion test.

* Differences are significant in comparison with the control group ($p < 0.05$).

что давало основание предполагать наличие спастического компонента в механизмах нарушения микроциркуляции. При проведении дыхательной пробы у пациентов с ПГА выявлено увеличение показателя РКК в сравнении с контрольной группой в 1.23 раза ($p = 0.041$), что указывало на снижение реактивности сосудистой стенки, как вследствие исходного спазма приносящих микрососудов, так и влияния венозного застоя.

При проведении окклюзионной пробы выявлено превышение показателя «биологического нуля» в группе пациентов с ПГА в 1.4 раза ($p = 0.033$), а также снижение РКК в 1.3 раза ($p = 0.028$) и умеренное уменьшение времени полувосстановления кровотока в 1.2 раза ($p = 0.045$) в сравнении с контрольной группой, что является характерным признаком застойного гемодинамического типа микроциркуляции.

Диагностически значимыми в данной группе пациентов оказались дыхательная и окклюзионная пробы: увеличение РКК при проведении дыхательной пробы, снижение РКК и возрастание уровня «биологического нуля» при окклюзионной пробе указывали на исходно низкий уровень функционирующих капилляров, что способствовало застойным явлениям в венах.

Следует отметить, что микроциркуляторные изменения могут оказывать негативное влияние

на показатели микроциркуляции. В 1-й группе показатели микроциркуляции увеличались в 1.9 раза по сравнению с исходными значениями ($p = 0.012$), что указывало на спазм артериол и увеличение кровотока в исследуемой области. В 2-й группе пациентов, получивших только базисное лечение или его комбинацию со специальными терапевтическими упражнениями, показатели вазомоторных и пульсовых колебаний не изменились существенно в течение наблюдения.

Оценка показателя резерва капиллярного кровотока во время функциональных тестов показала следующие (рис. 3): согласно результатам теста на задержку дыхания, исследуемый показатель снизился в 1.2 раза к концу исследования у пациентов 1-й группы ($p = 0.039$), что указывало на спазм афферентных сосудов. В 2-й группе коррекция показателя была менее выражена ($p > 0.05$). Униdirectional changes were recorded based on the results of the occlusion test: in patients of the 1st group, the СВFR values have increased by 1.2 times ($p = 0.046$), which indicated an increase in the number of functioning capillaries, in contrast to the values of the 2nd group, in which the increase in СВFR was less evident.

CONCLUSION

The study of the hemodynamic parameters of regional blood flow and the structural and functional features of the peripheral vessels of the lower extremities in patients with occupational knee joint lesion, a

на трофику хрящевой ткани, которая получает необходимые вещества путем диффузии из сосудов субхондральной кости и синовиальной жидкости [27]. При этом установлено влияние даже незначительных сосудистых и метаболических сдвигов на тяжесть течения остеоартроза [28].

Результаты ЛДФ по окончании реабилитационного курса свидетельствовали об увеличении ПМ у пациентов 1-й группы в 1.2 раза ($p = 0.041$) от исходных значений и приближении к контрольным цифрам, тогда как у обследованных во 2-й группе параметры ПМ достоверно не изменились (рис. 1). После завершения реабилитационного курса у пациентов в 1-й группе зафиксировано увеличение амплитуды медленных вазомоторных колебаний в 1.2 раза, что свидетельствовало об антиспастическом влиянии ДЭНС в отношении резистивных микрососудов (рис. 2). Параметры амплитуды пульсовых колебаний возросли в 1-й группе в 1.9 раза от исходных значений ($p = 0.012$), что свидетельствовало об уменьшении спазма артериол и увеличении притока крови в области исследования. Во 2-й группе больных, получавших только базовый комплекс лечения или его комбинацию со специальной лечебной гимнастикой, показатели вазомоторных и пульсовых колебаний существенных изменений в ходе наблюдения не имели.

Оценка показателя резерва капиллярного кровотока при проведении функциональных проб показала следующее (рис. 3): согласно результатам дыхательной пробы изучаемый

significant remodeling of the popliteal and posterior tibial arteries was revealed, i.e. an increase, relative to control values, in the systolic-diastolic ratio by 11.48%, in the resistance index and pulsatility index by 6.9 and 8.8%, respectively. During the study of the posterior tibial arteries in patients with occupational knee osteoarthritis, a significant increase in intima-media thickness was recorded, exceeding the same value in the control group, by 1.46 times. The change in peripheral hemodynamics caused a disturbance in microcirculation processes of the lower extremities in the form of a decrease, compared to the control values, in the following parameters: the microcirculation indicator – by 1.3 times, amplitude of vasomotor and pulsatile oscillations – by 1.6 and 2.4 times, which indicated the presence of a spastic component in the mechanisms of microcirculation disorders alongside with a simultaneous decrease in the sensitivity of the vascular wall and congestion in venous microvessels.

Optimization of the comprehensive therapy of patients with occupational knee osteoarthritis – using microcurrent electric stimulation (DENS) had a positive effect on the state of the microcirculatory bed, contributed to an improvement in the microcirculation indicator by 1.2 times, a decrease in the resistive vessels' spasticity by 1.2 times, an increase in tissue perfusion by 1.2 times and a decrease in congestion of venules.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

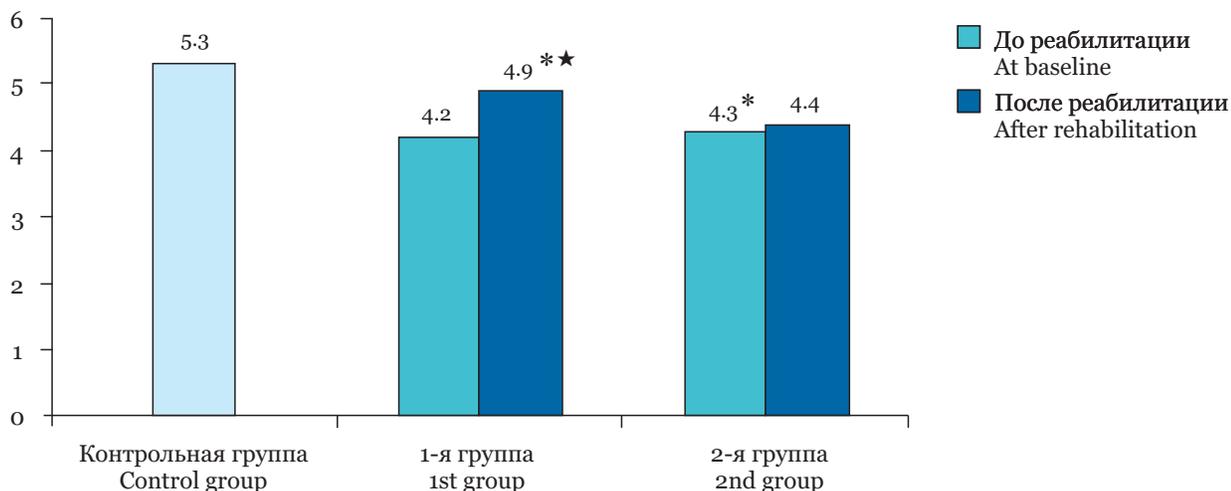


Рис. 1. Показатель микроциркуляции (перф. ед.) в группах пациентов с профессиональным гонартрозом до и после реабилитационного курса (* достоверность различий по сравнению с контрольной группой ($p < 0.05$); * достоверность внутригрупповых различий ($p < 0.05$))

Fig. 1. Microcirculation indicator (in perfusion units) in groups of patients with occupational knee osteoarthritis at baseline and after the rehabilitation course (* significance of differences compared with the control group ($p < 0.05$); * significance of intragroup differences ($p < 0.05$))

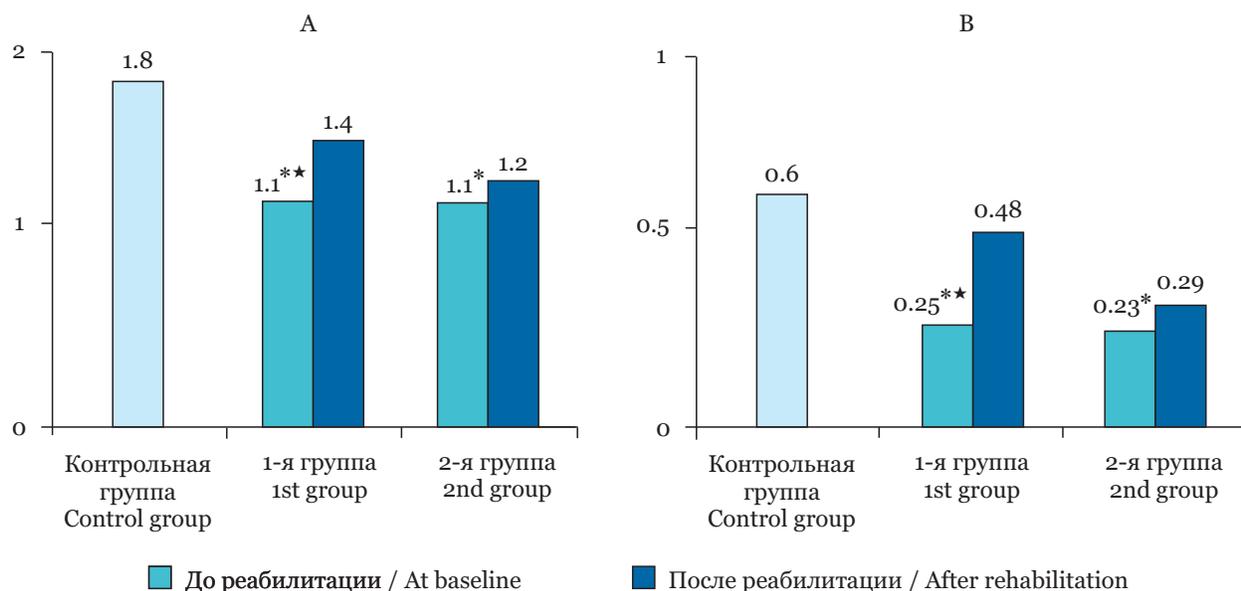


Рис. 2. Показатели амплитудно-частотного анализа (перф. ед.) микроциркуляции в группах пациентов с профессиональным гонартрозом до и после реабилитационного курса (* достоверность различий по сравнению с контрольной группой ($p < 0.05$); * достоверность внутригрупповых различий ($p < 0.05$)): А – амплитуда вазомоторных колебаний; В – амплитуда пульсовых колебаний

Fig. 2. Indicators of amplitude-frequency analysis (in perfusion units) of microcirculation in groups of patients with occupational knee osteoarthritis at baseline and after the rehabilitation course (* significance of differences compared with the control group ($p < 0.05$); * significance of intragroup differences ($p < 0.05$)): A – amplitude of vasomotor oscillations; B – amplitude of pulsatile oscillations

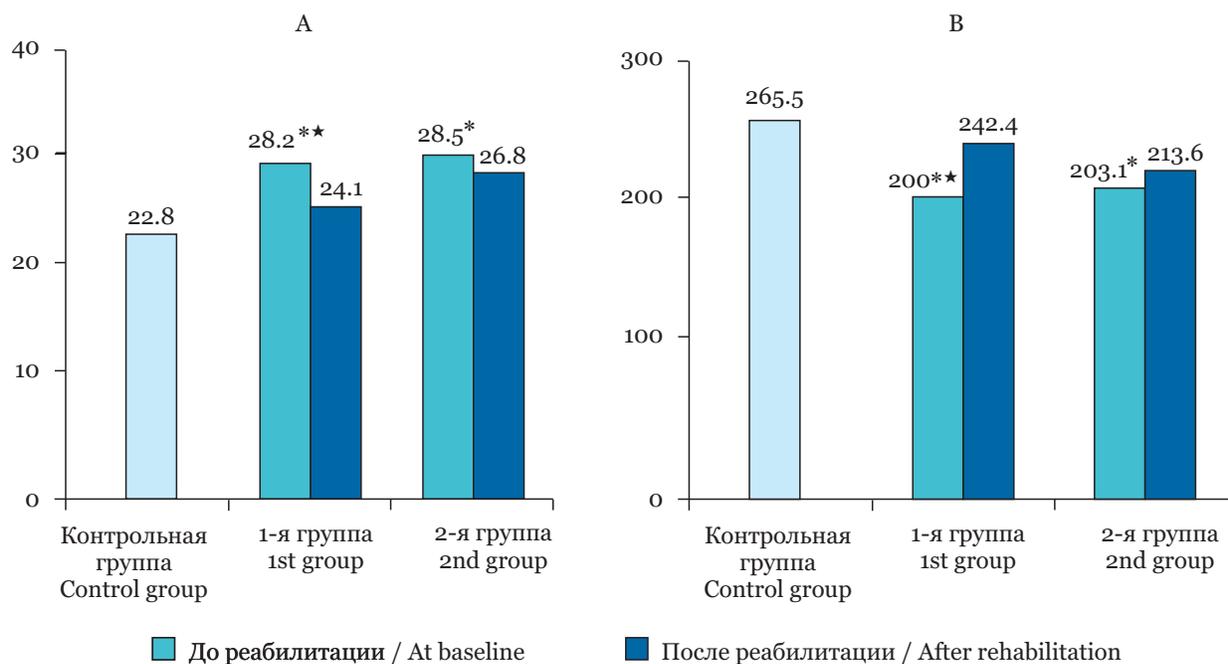


Рис. 3. Состояние резерва капиллярного кровотока (%) на фоне функциональных проб в группах пациентов с профессиональным гонартрозом до и после реабилитационного курса (* достоверность различий по сравнению с контрольной группой ($p < 0.05$); * достоверность внутригрупповых различий ($p < 0.05$)): А – дыхательная проба; В – окклюзионная проба

Fig. 3. The state of blood flow reserve (%) during functional tests in groups of patients with occupational knee osteoarthritis at baseline and after the rehabilitation course (* significance of differences compared to the control group ($p < 0.05$); * significance of intragroup differences ($p < 0.05$)): A – breath-holding test; B – occlusion test

показатель снизился к завершению исследования у пациентов 1-й группы в 1.2 раза ($p = 0.039$), что указывало на уменьшение спазма приносящих сосудов. Среди обследованных пациентов во 2-й группе коррекция показателя имела менее выраженный характер ($p > 0.05$). Однонаправленные изменения были зафиксированы по итогам окклюзионной пробы: у пациентов в 1-й группе показатель РКК увеличился в 1.2 раза ($p = 0.046$), что свидетельствовало об увеличении количества функционирующих капилляров, в отличие от показателей 2-й группы, в которой увеличение РКК носило менее выраженный характер.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У пациентов с профессиональным поражением коленных суставов при изучении гемодинамических параметров регионарного кровотока и структурно-функциональных особенностей периферических сосудов нижних конечностей выявляется значимое ремоделирование подколенных и заднеберцовых артерий, повышение, относительно контрольных показателей, систоло-диастолического индекса на 11.48 %, индекса резистентности и индекса пульсации на 6.9 и 8.8 % соответственно. При исследовании заднеберцовых артерий у пациентов с професси-

ональным гонартрозом было зарегистрировано достоверное увеличение показателя толщины комплекса интима-медиа, относительно аналогичного значения в контрольной группе, в 1.46 раза. Изменение периферической гемодинамики обусловило нарушение процессов микроциркуляции в нижних конечностях в виде снижения, от контрольных значений, показателей: базальной микроциркуляции – в 1.3 раза, амплитуды вазомоторных и пульсовых колебаний – в 1.6 и 2.4 раза, что свидетельствовало о наличии спастического компонента в механизмах нарушения микроциркуляции при одновременном снижении реактивности сосудистой стенки и застойных явлениях в венозных микрососудах.

Оптимизация комплексного лечения больных с профессиональными гонартрозами – применением микротоковой электроимпульсной терапии – ДЭНС оказала положительное влияние на состояние микроциркуляторного русла, способствовала улучшению показателя микроциркуляции в 1.2 раза, снижению спастических влияний в резистивном русле в 1.2 раза, увеличению перфузии тканей в 1.2 раза и уменьшению застойных явлений в венах.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азовскова Т.А., Васюков П.А., Будащ Д.С. О показателях профессиональной заболеваемости в Самарском регионе // Медицина труда и пром. экология. 2017;9:6–7.
2. Дружинин В.Н., Суворов В.Г., Черный А.Н., Тройняков С.Н., Тухтаев У.Т. Рентгеноденситометрические аспекты диагностики локтевого эпикондилита // Медицина труда и пром. экология. 2020;60(1):19–24. DOI: 10.31089/1026-9428-2020-60-1-19-24.
3. Ермолина Т.А., Мартынова Н.А., Кузьмин А.Г. Особенности заболеваемости медицинского персонала болезнями костно-мышечной системы // Медицина труда и пром. экология. 2018;7:61–64. DOI: 10.31089/1026-9428-2018-7-61-64.
4. Сувидова Т.А., Олещенко А.М., Кислицына В.В. Гигиеническая оценка условий труда и профессиональной заболеваемости работников автотранспортных предприятий // Медицина труда и пром. экология. 2018;6:4–7. DOI: 10.31089/1026-9428-2018-6-4-7.
5. Профессиональная патология: нац. руководство / под ред. И.Ф. Измерова. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. С. 784.
6. Agaliotis M., Fransen M., Bridgett L. et al. Risk factors associated with reduced work productivity among people with chronic knee pain // *Osteoarthritis Cartilage*. 2013;21(9):1160–1169. DOI: 10.1016/j.joca.2013.07.005.

REFERENCES

1. Azovskova T.A., Vasyukov P.A., Budash D.S. On indicators of occupational morbidity in Samara Region. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2017;9:6–7. (In Russ.)
2. Druzhinin V.N., Suvorov V.G., Cherny A.N., Troinyakov S.N., Tukhtaev U.T. X-Ray densitometric aspects of diagnosis of ulnar epicondylitis. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2020;60(1):19–24. DOI: 10.31089/1026-9428-2020-60-1-19-24. (In Russ.)
3. Ermolina T.A., Martynova N.A., Kuzmin A.G. Features of morbidity from locomotory system diseases in medical staffers. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2018;7:61–64. DOI: 10.31089/1026-9428-2018-7-61-64. (In Russ.)
4. Suvidova T.A., Oleshchenko A.M., Kislitsyna V.V. Hygienic evaluation of work conditions and occupational morbidity of automobile transport workers. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2018;6:4–7. DOI: 10.31089/1026-9428-2018-6-4-7. (In Russ.)
5. Izmerov I.F. (ed.) (2011). *Occupational Pathology: National Guidelines*. Moscow: GEOTAR-Media. 784 p. (In Russ.)
6. Agaliotis M., Fransen M., Bridgett L. et al. Risk factors associated with reduced work productivity among people with chronic knee pain. *Osteoarthritis*

7. Berenbaum F., Eymard F., Houard X. Osteoarthritis, inflammation and obesity // *Curr. Opin. Rheumatol.* 2013;25(1):114–118. DOI: 10.1097/BOR.ob013e32835a9414.
8. Castañeda S., Roman-Blas J.A., Largo R., Herrero-Beaumont G. Subchondral bone as a key target for osteoarthritis treatment // *Biochem. Pharmacol.* 2012;83(3):315–323. DOI: 10.1016/j.bcp.2011.09.018.
9. Fransen M., Bridgett L., March L. et al. The epidemiology of osteoarthritis in Asia // *Int. J. Rheum. Dis.* 2011;14(2):113–121.
10. Fransen M., Agaliotis M., Bridgett L., Mackey M.G. Hip and knee pain: role of occupational factors // *Best. Pract. Res. Clin. Rheumatol.* 2011;25(1):81–101. DOI: 10.1016/j.berh.2011.01.012.
11. Зоткин Е.Г., Шкиреева С.Ю. Особенности ведения пациентов с остеоартрозом в первичном звене здравоохранения // *PMЖ.* 2012;27:1665.
12. Алексеева Л.И., Баранова И.А., Белова К.Ю. и др. Клинические рекомендации по профилактике и ведению больных с остеопорозом; под ред. О.М. Лесняк / Российская ассоциация по остеопорозу. Ярославль: Литера, 2012. С. 24.
13. Наумов А.В., Шамуилова М.М., Владимирова Н.Н., Вёрткин А.Л. Остеоартрит и сердечно-сосудистые заболевания: простое совпадение или закономерное сочетание? // *Актуальные вопросы болезней сердца и сосудов.* 2011;6(3):27–31.
14. Об утверждении стандарта первичной медико-санитарной помощи при гонартрозе и сходных с ним клинических состояниях: приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 24 декабря 2012 № 1498-н. URL: https://minzdrav.gov-murman.ru/documents/poryadki-okazaniya-meditsinskoj-pomoshchi/pr_MZ_RF_1498.pdf (дата обращения: 30.03.2022).
15. Олюнин Ю.А. Остеоартроз. Актуальные вопросы диагностики и лечения // *PMЖ.* 2012;7:385–388.
16. Hochberg M.C., Altman R.D., April K.T. et al. American College of Rheumatology 2012 recommendations for the use of nonpharmacologic and pharmacologic therapies in osteoarthritis of the hand, hip and knee // *Arthritis Care Res.* 2012;64(4):465–474. DOI: 10.1002/acr.21596.
17. Lane N.E., Brandt N.E., Hawker G. et al. OARSI-FDA initiative: defining the disease state of osteoarthritis // *Osteoarthritis Cartilage.* 2011;19(5):478–482. DOI: 10.1016/j.joca.2010.09.013.
18. Рявкин С.Ю., Пономаренко Г.Н., Дробышев В.А. и др. Эффективность применения чрезкожной электростимуляции при дискогенных дорсопатиях поясничной локализации // *Вестн. восстановительной медицины.* 2012;5(1):2–10.
19. Герасименко М.А., Белецкий А.В. Диагностика и лечение повреждений и ортопедических заболеваний коленного сустава. Минск: Технология, 2010. 167 с.
20. Зайцева Е.М., Алексеева Л.И. Причины боли при остеоартрозе и факторы прогрессирования заболевания (обзор литературы) // *Науч.-практ. ревматология.* 2011;1:50–57.
21. Lim A.Y.N., Doherty M. What of guidelines for osteoarthritis? // *Int. J. Rheum. Dis.* 2011;14:136–144. DOI: 10.1111/j.1756-185X.2011.01609.x.
22. *Arthritis Care Res.* 2013;21(9):1160–1169. DOI: 10.1016/j.joca.2013.07.005.
7. Berenbaum F., Eymard F., Houard X. Osteoarthritis, inflammation and obesity. *Curr. Opin. Rheumatol.* 2013;25(1):114–118. DOI: 10.1097/BOR.ob013e32835a9414.
8. Castañeda S., Roman-Blas J.A., Largo R., Herrero-Beaumont G. Subchondral bone as a key target for osteoarthritis treatment. *Biochem. Pharmacol.* 2012;83(3):315–323. DOI: 10.1016/j.bcp.2011.09.018.
9. Fransen M., Bridgett L., March L. et al. The epidemiology of osteoarthritis in Asia. *Int. J. Rheum. Dis.* 2011;14(2):113–121.
10. Fransen M., Agaliotis M., Bridgett L., Mackey M.G. Hip and knee pain: role of occupational factors. *Best. Pract. Res. Clin. Rheumatol.* 2011;25(1):81–101. DOI: 10.1016/j.berh.2011.01.012.
11. Zotkin E.G., Shkireeva S.Yu. Features of management of patients with osteoarthritis in primary care setting. *Russian Medical Journal.* 2012;27:1665. (In Russ.)
12. Alekseeva L.I., Baranova I.A., Belova K.Yu. et al.; Russian Association for Osteoporosis. (2012). *Clinical Guidelines for the Prevention and Management of Patients with Osteoporosis.* Yaroslavl: Litera. 24 p. (In Russ.)
13. Naumov A.V., Shamuilova M.M., Vladimirova N.N., Vertkin A.L. Osteoarthritis and cardiovascular diseases: a mere coincidence or an expected combination? *Topical Issues of Cardiovascular Diseases.* 2011;6(3):27–31. (In Russ.)
14. On approval of the standard of primary health care in osteoarthritis and similar clinical conditions: order of the Ministry of Health of the Russian Federation dated December 24, 2012 No. 1498-н. URL: https://minzdrav.gov-murman.ru/documents/poryadki-okazaniya-meditsinskoj-pomoshchi/pr_MZ_RF_1498.pdf (accessed 30.03.2022).
15. Olyunin Yu.A. Osteoarthritis. Topical issues of diagnosis and treatment. *Russian Medical Journal.* 2012;7:385–388. (In Russ.)
16. Hochberg M.C., Altman R.D., April K.T. et al. American College of Rheumatology 2012 recommendations for the use of nonpharmacologic and pharmacologic therapies in osteoarthritis of the hand, hip and knee. *Arthritis Care Res.* 2012;64(4):465–474. DOI: 10.1002/acr.21596.
17. Lane N.E., Brandt N.E., Hawker G. et al. OARSI-FDA initiative: defining the disease state of osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage.* 2011;19(5):478–482. DOI: 10.1016/j.joca.2010.09.013.
18. Ryavkin S.Yu., Ponomarenko G.N., Drobyshev V.A. et al. The effectiveness of transcutaneous electric nerve stimulation in discogenic dorsopathies of the lumbar region. *Bulletin of Rehabilitation Medicine.* 2012;5(1):2–10. (In Russ.)
19. Gerasimenko M.A., Beletskiy A.V. (2010). *Diagnosis and Treatment of Injuries and Orthopedic Diseases of the Knee Joint.* Minsk: Technology. 167 p. (In Russ.)
20. Zaytseva E.M., Alekseyeva L.I. The causes of pain in osteoarthritis and the factors of disease progression (A review of literature). *Scientific and Practical Rheumatology.* 2011;1:50–57. (In Russ.)

22. Suri S., Walsh D.A. Osteochondral alterations in osteoarthritis // *Bone*. 2012;51(2):204–211. DOI: 10.1016/j.bone.2011.10.010.
23. Chu H., Li M.H., Juan S.H., Chiou W.Y. Effects of transcutaneous electrical nerve stimulation on motion sickness induced by rotary chair: a crossover study // *J. Altern. Complement Med.* 2012;18(5):494–500. DOI: 10.1089/acm.2011.0366.
24. Stein C., Dal Lago P., Ferreira J.B., Casali K.R., Plentz R.D.M. Transcutaneous electrical nerve stimulation at different frequencies on heart rate variability in healthy subjects // *Auton. Neurosci.* 2011;165(2):205–208.
25. Kärkkäinen S.I., Pitkaniemi J., Silventoinen K. et al. Disability pension due to musculoskeletal diagnoses: importance of work-related factors in a prospective cohort study of Finnish twins // *Scand. J. Work Environ. Health.* 2013;39(4):343–350. DOI: 10.5271/sjweh.3345.
26. Крупаткин А.И., Сидоров В.В. Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови. Руководство для врачей. М.: Медицина, 2005. 256 с.
27. McDermott I. Meniscal tears, repairs and replacement: their relevance to osteoarthritis of the knee // *Br. J. Sports Med.* 2011;45(4):292–297. DOI: 10.1136/bjism.2010.081257.
28. Zhang W., Nuki G., Moskowitz R.W. et al. OARSI recommendations for the management of hip and knee osteoarthritis: part III: changes in evidence following systematic cumulative update of research published through January 2009 // *Osteoarthritis Cartilage.* 2010;18(4):476–499. DOI: 10.1016/j.joca.2010.01.013.
21. Lim A.Y.N., Doherty M. What of guidelines for osteoarthritis? *Int. Rheum. Dis.* 2011;14:136–144. DOI: 10.1111/j.1756-185X.2011.01609.x.
22. Suri S., Walsh D.A. Osteochondral alterations in osteoarthritis. *Bone*. 2012;51(2):204–211. DOI: 10.1016/j.bone.2011.10.010.
23. Chu H., Li M.H., Juan S.H., Chiou W.Y. Effects of transcutaneous electrical nerve stimulation on motion sickness induced by rotary chair: a crossover study. *J. Altern. Complement Med.* 2012;18(5):494–500. DOI: 10.1089/acm.2011.0366.
24. Stein C., Dal Lago P., Ferreira J.B., Casali K.R., Plentz R.D.M. Transcutaneous electrical nerve stimulation at different frequencies on heart rate variability in healthy subjects. *Auton. Neurosci.* 2011;165(2):205–208.
25. Kärkkäinen S.I., Pitkaniemi J., Silventoinen K. et al. Disability pension due to musculoskeletal diagnoses: importance of work-related factors in a prospective cohort study of Finnish twins. *Scand. J. Work Environ. Health.* 2013;39(4):343–350. DOI: 10.5271/sjweh.3345.
26. Krupatkin A.I., Sidorov V.V. (2005). *Laser Doppler Flowmetry of Blood Microcirculation. Guidelines for Doctors.* Moscow: Medicine, 256 p. (In Russ.)
27. McDermott I. Meniscal tears, repairs and replacement: their relevance to osteoarthritis of the knee. *Br. J. Sports Med.* 2011;45(4):292–297. DOI: 10.1136/bjism.2010.081257.
28. Zhang W., Nuki G., Moskowitz R.W. et al. OARSI recommendations for the management of hip and knee osteoarthritis: part III: changes in evidence following systematic cumulative update of research published through January 2009. *Osteoarthritis Cartilage.* 2010;18(4):476–499. DOI: 10.1016/j.joca.2010.01.013.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Кармановская Светлана Александровна – д-р мед. наук, доцент кафедры госпитальной терапии и медицинской реабилитации ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Новосибирск, Россия. ORCID: 0000-0003-3446-8018.

Шпагина Любовь Анатольевна – д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой госпитальной терапии и медицинской реабилитации ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Новосибирск, Россия. ORCID: 0000-0003-0871-7551.

Дробышев Виктор Анатольевич – д-р мед. наук, профессор кафедры госпитальной терапии и медицинской реабилитации ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Новосибирск, Россия. ORCID: 0000-0002-7093-3071.

Котова Ольга Сергеевна – д-р мед. наук, доцент кафедры госпитальной терапии и медицинской реабилитации ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Новосибирск, Россия. ORCID: 0000-0003-0724-1539.

Шпагин Илья Семенович – д-р мед. наук, доцент кафедры госпитальной терапии и медицинской реабилитации ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет»

ABOUT THE AUTHORS

Svetlana A. Karmanovskaya – Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Hospital Therapy and Medical Rehabilitation, Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia. ORCID: 0000-0003-3446-8018.

Lyubov A. Shpagina – Dr. Sci. (Med.), Professor, Head, Department of Hospital Therapy and Medical Rehabilitation, Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia. ORCID: 0000-0003-0871-7551.

Viktor A. Drobyshev – Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of Hospital Therapy and Medical Rehabilitation, Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia. ORCID: 0000-0002-7093-3071.

Olga S. Kotova – Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Hospital Therapy and Medical Rehabilitation, Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia. ORCID: 0000-0003-0724-1539.

Ilya S. Shpagin – Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Hospital Therapy and Medical Rehabilitation, Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia. ORCID: 0000-0002-3109-9811.

Lyudmila A. Panacheva – Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of Hospital Therapy and Medical Reha-

Минздрава России, Новосибирск, Россия. ORCID: 0000-0002-3109-9811.

Паначева Людмила Алексеевна – д-р мед. наук, профессор кафедры госпитальной терапии и медицинской реабилитации ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Новосибирск, Россия.

Кузнецова Галина Владимировна – канд. мед. наук, доцент кафедры госпитальной терапии и медицинской реабилитации ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Новосибирск, Россия. ORCID: 0000-0001-7428-9159.

bilitation, Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia.

Galina V. Kuznetsova – Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Hospital Therapy and Medical Rehabilitation, Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia. ORCID: 0000-0001-7428-9159.

