



TRAUMATOLOGY. RESEARCH ARTICLE  
ТРАВМАТОЛОГИЯ. НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

DOI: 10.22363/2313-0245-2020-24-1-26-37

## Analysis of the vascular abnormalities of the patients with ankle joint mild osteoarthritis

A.O. Mombekov<sup>1</sup>, N.I. Karpovich<sup>1</sup>, O.A. Dogotar<sup>1</sup>, A.V. Dergunov<sup>2</sup>, N.B. Zagorodnyi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup>Military Medical Academy named after S.M. Kirov, Saint- Petersburg, Russian Federation

**Abstract.** The vascular factor is one of the leading pathogenesis factors in the formation of ankle joint osteoarthritis. Dystrophic and sclerotic changes in the joint tissues develop as a result of blood flow decrease. These mechanisms understanding will allow to plan treatment and rehabilitation measures, as well as predict and prevent complications. The purpose of the work is to study hemodynamic parameters in the main lower leg arteries of the in patients in follow-up period of mild ankle joint osteoarthritis. Two groups of patients were examined. The first group — 82 patients with mild ankle joint osteoarthritis in the follow-up period (10 years) and the second group — control (healthy) group of 58 people without ankle joint osteoarthritis. Duplex scan of the main lower leg arteries was performed to all the patients. The state of arteries and hemodynamic parameters were evaluated. Excell and STATISTICA 10.0 programs were used for statistical data processing. In patients with follow-up of mild ankle joint osteoarthritis, the diameter of the arteries did not differ from the control group. In patients with mild ankle joint osteoarthritis the thickness of the Intima-media complex in the lower leg arteries and walls pulsation were significantly higher than those in patients of the control group ( $p < 0.05$ ). Analysis of hemodynamic parameters in patients with ankle joint osteoarthritis revealed an increase in the linear velocity of blood flow with a further tendency to normalization and even decrease in the follow-up compared with the control group. Signs of perfusion difficulty that accompanied the development of high blood pressure syndrome in the lower leg arteries were observed in 122 (67.0%) patients, and the signs of perfusion difficulty were bilateral in most of the cases (86.9%). Stenosis, deformation and arteries tortuosity were noted in 22% of patients with ankle joint osteoarthritis. Thus, mild ankle joint osteoarthritis is accompanied by blood flow changes in the form of inadequate perfusion and high-pressure syndrome in the lower leg arteries, which can cause secondary injuries and requires higher attention when selecting treatment and rehabilitation actions.

**Key words:** ankle joint osteoarthritis, hemodynamic abnormalities, duplex ultrasonography screening, treatment, rehabilitation

**Author Contributions.** All authors were equally involved in writing the article.

**Conflict of Interest Statement.** The authors declare that the research was conducted in the absence of any conflict of interest. Received 06.12.2019. Accepted 30.01.2020

*For citation:* Mombekov A.O., Karpovich N.I., Dogotar O.A., Dergunov A.V., Zagorodnyi N.B. Analysis of the vascular abnormalities of the patients with ankle joint mild osteoarthritis. RUDN Journal of Medicine, 2020 Mar; 24 (1): 26—37. DOI: 10.22363/2313-0245-2020-24-1-26-37

© Mombekov A.O., Karpovich N.I., Dogotar O.A., Dergunov A.V., Zagorodnyi N.B. 2020



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## Анализ состояния сосудистых нарушений у больных деформирующим артрозом голеностопного сустава легкой степени

А.О. Момбеков<sup>1</sup>, Н.И. Карпович<sup>1</sup>, О.А. Доготарь<sup>1</sup>, А.В. Дергунов<sup>2</sup>, Н.В. Загородний<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Российский университет дружбы народов, Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

**Аннотация.** Одним из ведущих факторов патогенеза формирования деформирующего артроза голеностопного сустава (ДАГС) является сосудистый фактор. В результате снижения кровотока развиваются дистрофические и склеротические изменения в суставных тканях. Понимание этих механизмов позволит планировать лечебные и реабилитационные мероприятия, а также прогнозировать и предупреждать осложнения. Цель работы — изучение показателей гемодинамики в магистральных артериях голени у больных в отдаленном периоде ДАГС в легкой степени. Исследованы две группы пациентов. Первая — 82 человека в отдаленном периоде (10 лет) ДАГС легкой степени тяжести и вторая — контрольная (здоровая) группа из 58 человек без ДАГС. Всем пациентам проводилось дуплексное сканирование магистральных артерий голени. Оценивали состояние артерий и гемодинамические показатели. Статистическая обработка данных производилась с использованием программ Excell и STATISTICA 10.0. У пациентов легкой формы ДАГС в отдаленном периоде диаметр артерий не отличался от контрольной группы. Толщина комплекса интима-медиа в артериях голени, а также пульсация стенок была достоверно больше, чем у пациентов контрольной группы ( $p < 0,05$ ). Анализ гемодинамических показателей у пациентов с ДАГС выявил повышение линейной скорости кровотока с дальнейшей склонностью к нормализации и даже снижению в отдаленном периоде по сравнению с контрольной группой. Признаки затрудненной перфузии, сопровождавшие развитие синдрома повышенного давления в артериях голени, отмечались у 122 (67,0%) пациентов, при этом в подавляющем большинстве случаев (86,9%) признаки затрудненной перфузии были двухсторонними. У 22% пациентов с ДАГС были отмечены стенозирование, деформация и извитость артерий. Таким образом, ДАГС легкой степени сопровождается изменениями кровотока в виде неадекватной перфузии и синдрома высокого давления в артериях голени, что может служить причиной вторичных повреждений и требует более пристального внимания при подборе лечебных и реабилитационных мероприятий.

**Ключевые слова:** деформирующий артроз голеностопного сустава, гемодинамические нарушения, дуплексное сканирование, лечение, реабилитация

**Вклад авторов.** Все авторы были в равной степени вовлечены в написание статьи.

**Заявление о конфликте интересов.** Авторы заявляют, что исследование проводилось при отсутствии какого-либо конфликта интересов.

Поступила 06.12.2020. Принята 30.01.2020.

**Для цитирования:** Момбеков А.О., Дергунов А.В., Загородний Н.В., Карпович Н.И., Доготарь О.А., Хиджазин В.Х., Гусайниев Т.Р. Анализ состояния когнитивных расстройств у больных деформирующим артрозом голеностопного сустава легкой степени // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина. 2020. Т. 24. № 1. С. 26—37. DOI: 10.22363/2313-0245-2020-24-1-26-37

The investigations managed in recent decades on the problem of ankle joint osteoarthritis strongly show that vascular factor dominates over the other numerous endogenous and exogenous factors influencing the formation and clinical progression follow-up of this disease [1]. Angiospasm has high importance at the early stage of local vascular pathology development after the traumatic or any other ankle joint damage [2, 3]. Particularly it is defined that infragenicular arteries react on mechanical excitation by unstriated muscles contraction which can be either short or long-termed [4]. Usually these vessels traumatic spasm is bilateral. Large arterial trunks are more affected by this spasm than small arteries. Spasm is mostly apparent in tibial arteries as a result of their tension during the trauma [5].

Vascular spasm of traumatic genesis obligatory influences the joint blood flow speed [6]. This spasm may develop into ischemia with dystrophic and sclerotic processes formation in joint tissue which in many ways defines the particulars of clinical evidence of primary ankle joint osteoarthritis and its delayed follow-up [7, 8]. The investigation of these mechanisms increases the opportunities of complications prognosis and reveals new horizons for treatment and rehabilitation procedures planning.

Goal of the research: investigate the hemodynamic indices in long-term period in lower leg arteries in patients with mild ankle joint osteoarthritis.

### Materials and methods

The study included two groups of patients. The first group — 182 patients at the age of 29—65 y.o. in long-term period with mild ankle joint osteoarthritis (follow-up 10 years) and the second group — control (healthy) group — 58 people without ankle joint osteoarthritis.

To make comparative assessment of lower leg arteries the duplex ultrasonography screening of lower leg arteries was performed for all the patients both with mild ankle joint osteoarthritis in long-term period and in healthy group. The examination was done by standard method of three dimensions scanning using linear (frequency 7MHz) and sectoral (frequency 2.5MHz) sensors of ultrasound system [9].

For the investigation of lower leg arteries state by duplex ultrasonography screening in standard method

was evaluated the following parameters: vascular permeability, presence, size and structure intravascular changes, arteries diameter (during systole and diastole with calculation of pulsation rate according to the formula  $D_{syst} / D_{diast}$ ), arteria pulsatility index (PI), Intima-Media-Reflex (IMR), their diameter and peak systolic velocity ( $V_{ps}$ ) [10, 11]. In all quantitative parameters their average value measured in pair segments of contralateral vessels was analyzed.

The path of lower leg artery was evaluated (deformation presence or absence, visual appearance, arc, C-shaped tortuosity, S-shaped tortuosity, loop-shaped tortuosity), vessel lumen condition to exclude stenosis-occlusive lesion in presence of atheromatous plaque (determining the degree of stenosis by area) [11].

The degree of vessel stenosis was calculated taking into account the area of the vessel and atheromatous plaque area, using the computer of US-scanner according to the formula  $A(\%) = [(A1-A2)/A1] \times 100\%$ , where  $A1$  — is the greater area and  $A2$  — is the smaller area. Moreover, we took into account the changes and conditionally separated the following models of arteries transformation: no changes, with less than 50% stenosis, with path deformation, coexistent affection (stenosis less than 50% and vascular tortuosity). The cases with stenosis of one or more arteries more than 50% were not included.

The scan was performed in patients in supine position. The sensor was placed on the posterior surface of low leg muscles for visualization. The examination was performed using different modes — pulsed Doppler mode (PW-mode), color Doppler coding (CD-mode) and two-dimensional gray-scale sonography (B-mode). In B-mode on both sides were measured: the diameter of the leg artery at its lower third, the intima-media complex thickness in the region of its maximum visual thickening [9].

Excell and STATISTICA 10.0 programs were used for statistical data processing.

### Results

To determine the norm in all control group patients, the diameters of the anterior and posterior tibial arteries of the lower leg were measured, which amounted to  $5,77 \pm 0,47$  mm и  $4,91 \pm 0,34$  mm respectively.

The magnitude of vascular wall pulsation of the in the vessels of the lower leg was equal to  $1,33\pm 0,13$  mm.

Quantitative (linear) parameters of blood flow in the lower leg arteries were: for the anterior tibial artery-  $67,85\pm 22,1$  sm/s; for the posterior tibial artery —  $53,19\pm 17,6$  sm/s.

The ripple index in these arteries ranged from —  $2,33\pm 0,6$ . Vps in the control group for the anterior tibial artery was  $72,5\pm 15,8$  sm/s, and Vps for the posterior tibial artery  $61,9\pm 14,2$  sm/s.

When studying with the duplex scanning method in patients in the long-term period of mild ankle joint osteoarthritis, the diameter of the arteries did not differ in absolute values from the diameter of the vessels in the control group and corresponded to the anterior tibial artery —  $5,67\pm 0,34$  mm, to the posterior tibial artery —  $4,88\pm 0,48$  mm. The thickness of the IMR in lower leg arteries was significantly greater than in control group patients ( $p<0,05$ ) and rated  $1,07\pm 0,21$  mm. The wall

ripple also exceeded the corresponding values in the control group and amounted to  $1,39\pm 0,22$  mm ( $p<0,05$ ).

The blood flow in the lower leg arteries linearly did not significantly differ from that in the control group ( $p>0,05$ ). In terms of absolute values, Vps in the anterior tibial artery was slightly lower than in the control group and amounted to  $64.41\pm 12.43$  cm/s, in the posterior tibial artery it was slightly higher and was equal to  $57,41\pm 13,5$  cm/s. PI, which allows us to evaluate the magnitude of peripheral resistance, corresponded to  $2.28\pm 0.33$  and was unreliably higher than in control group patients.

The overwhelming majority of patients in the control group (32 patients — 94.2%) had no intravascular changes and leg arteries disorders (Table 1). Of all the control group patients, only one (2.9%) had a posterior tibial artery deformity the type of S-shaped tortuosity, which, according to the scan, was hemodynamically insignificant.

**The frequency of deformations, stenosis and tibial arteries combined lesions in patients in the follow-up period of mild ankle joint osteoarthritis**

Table 1

Indexes	Mild ankle joint osteoarthritis (n=182)	Control group (n=58)	p
No changes	142 (78,0%)	32 (94,2%)	<0,05
Stenosis	6 (3,3%)	1 (2,9%)	>0,05
Deformation and tortuosity	34 (18,7%)	1 (2,9%)	<0,05

Stenosis was revealed in 6 (3,3%) patients with mild ankle joint osteoarthritis, in 34 (18,7%) — deformation and tortuosity were present. Moreover, in 6 of them S-shaped tortuosity of both tibial arteries path of was observed, which was to 3.3% in the group.

The analysis of hemodynamic parameters in patients with a mild ankle joint osteoarthritis, compared with those in the control group, showed an increase in linear velocity of blood flow with a further tendency to normalization and even decrease in the long-term period (Table 2).

**Hemodynamic parameters in patients with mild ankle joint osteoarthritis at different follow-up periods in comparison with the control group**

Table 2

Hemodynamic Indexes	Patient groups		Control group (n=58)	P
	Patients with mild ankle joint osteoarthritis (n=182)			
	Follow-up period	Acute period		
Linear velocity of blood flow systolic	$76,01\pm 12,91$	$94,35\pm 12,70$	$77,03\pm 11,23$	P >0,05
Linear velocity of blood flow average	$46,81\pm 7,71$	$61,22\pm 7,79$	$48,56\pm 6,53$	P >0,05
Linear velocity of blood flow diastolic	$33,42\pm 7,24$	$45,16\pm 7,74$	$35,19\pm 8,29$	P >0,05
PI	$0,82\pm 0,11$	$0,79\pm 0,12$	$0,74\pm 0,21$	P <0,05

Signs of perfusion difficulty accompanying the development of high blood pressure syndrome in the lower leg arteries were observed in 122 (67.0%) patients, while in the vast majority of cases (106 out of 122 cases, 86.9%), the signs of difficult perfusion were bilateral.

The main hemodynamic parameters in the low leg arteries in different periods of mild ankle joint osteoarthritis are shown in the table 3.

Table 3

The main hemodynamic parameters in patients with a mild ankle joint osteoarthritis at different observation times

Hemodynamic Indexes in low leg arteries	patients with a mild ankle joint osteoarthritis (n=182)	
	Follow-up period	Acute period
Increased linear velocity of blood flow	52 (28,6%)	136 (75,6%)
Normal linear velocity of blood flow	26 (14,3%)	38 (20,0%)
Decreased linear velocity of blood flow	104 (57,1%)	8 (4,4%)
Increased PI	54 (29,7%)	-
Normal PI	128 (70,3%)	148 (81,3%)
Decreased PI	0 (0%)	-
Blood flow asymmetry	124 (68,1%)	142 (78,1%)

At the time of the examination in the long-term period, in patients with a mild ankle joint osteoarthritis the following blood circulation indices in the lower leg arteries were revealed: in 52 (28.6%), a moderate increase in the average linear velocity of blood flow; 26 (14.3%) had linear velocity of blood flow within normal parameters; in 104 (57.1%) — linear velocity of blood flow was reduced. Moreover, the asymmetry of linear velocity of blood flow did not go beyond the norm in 128 (68.1%) patients.

PI was determined within normal limits in 24 (13.2%) patients, in the remaining 158 (86.8%), it significantly exceeded the PI of control group. In all patients with the syndrome of vegetovascular dystonia domination in anamnesis, a significant increase in linear velocity of blood flow in the lower leg arteries was detected, mainly due to diastolic speed. In this group of patients, PI was moderately increased in 54 (29.7%) patients, in 128 (70.5%) — it was within normal limits. PI increase indicated the possible development of the syndrome of high pressure in the lower leg arteries in patients.

Hemodynamic parameters in the acute period of mild ankle joint osteoarthritis were obtained by analyzing the primary documentation. The analysis of the examined patient's primary documentation showed the increase in linear velocity of blood flow in 136 (75.6%), and a decrease in 8 (4.4%) patients during the

acute period of ankle joint osteoarthritis. Normal linear velocity of blood flow indicators was determined in 38 (20.0%) cases. Linear velocity of blood flow asymmetry was observed in 142 (78.1%) patients, and normal PI was observed in 148 (81.3%) patients.

## Discussion

Large arteries are known to perform two main functions in the human body. On the one hand, they are an anatomical substrate for ensuring adequate blood flow in various areas of the human body, on the other hand, the continuous pressure gradient between arteries and veins is formed as a result of their discrete work (Nichols W.W. et al., 1998). Both of these functions are interconnected and determine each other.

The state of IMR (thickness, echogenicity, degree of differentiation into layers) is the main ultrasound indicator that allows to indirectly assess the presence of structural changes in the vascular wall [12]. In most patients in the long-term period of ankle joint osteoarthritis, a relatively equal increase in the echogenicity of the IMR of the lower leg vessels was observed with a complete or partial loss of its differentiation into layers. Revealed changes can be considered as signs of elastofibrosis and arteriosclerosis [10, 13]. Actually, we measured IMR thickness to make an objective assessment of the degree of its structural

changes [11]. Along with the lower leg vessels walls structural changes, their diameters also change, which was observed in our patients. This phenomenon occurrence, apparently, is of a compensatory nature and is aimed at preventing of blood flow volume level decrease. The degree of compensatory dilatation depends both on the way of clinical disease course and on the other factors such as the disease duration and severity [6, 14, 15]. The increased influence of each of them leads to an augmentation in the compensatory dilatation degree, which is consistent with the results of comparisons obtained for the IMR thickness [8].

Thus, according to medical records, a moderate increase in the linear blood flow velocity in the lower leg arteries was noted, with a further tendency towards its normalization, and even decrease, in the majority of patients with mild ankle joint osteoarthritis in the acute period. At the same time, PI changes were directed towards its increase, which indicated the possible development of the increased pressure syndrome in the leg arteries of the patients [10, 11, 16]. The outlined trends were fully confirmed by examination of patients in the long-term period of ankle joint osteoarthritis.

### Conclusions

1. With a mild ankle joint osteoarthritis, hemodynamic changes are observed in the form of inadequate perfusion and impaired vascular autoregulation, which can cause secondary damage.
2. Due to difficult perfusion, mild ankle joint osteoarthritis develops high pressure syndrome in the lower leg arteries. The linear velocity of blood flow increase tends to normalize and further decrease, and the PI, on the contrary, tends to increase in the long term.
3. Changes in the lower third of the lower leg arteries by the type of deformity, tortuosity and stenosis in the long-term period of mild ankle joint osteoarthritis are 22%, which indicates the requirement to pay more attention in therapeutic and rehabilitation measures selection for this category of patients, due to underestimation of their general condition.

Исследования, проведенные в последние десятилетия по проблеме деформирующего артроза голеностопного сустава (ДАГС), все более убеждают в том, что среди многочисленных эндогенных и экзогенных факторов, влияющих на формирование и клиническое течение последствий этого заболевания, доминирует сосудистый фактор [1]. При травматическом или любом другом повреждении голеностопного сустава большое значение в формировании местной васкулярной патологии на ранних стадиях его развития придается вазоспазму [2, 3]. В частности, установлено, что артерии голени реагируют на механическое раздражение сокращением гладкой мускулатуры, которое может быть как кратковременным, так и более продолжительным [4]. Травматический спазм этих сосудов обычно билатеральный. Особенно этому спазму подвергаются крупные артериальные стволы. В меньшей мере это относится к мелким артериям. Спазм преимущественно выражен в берцовых артериях, как реакция на травму и вследствие их натяжения при ней [5].

Спазм сосудов травматического генеза неизбежно сказывается на скорости кровотока в суставе [6]. Он может перерасти в ишемию с формированием дистрофических и склеротических процессов в тканях сустава, что во многом определяет особенности клинических проявлений, как начальных проявлений ДАГС, так и его последствий в отдаленном периоде [7, 8]. Изучение этих механизмов расширяет возможности при прогнозировании осложнений и открывает новые возможности для планирования лечебных и реабилитационных мероприятий.

Цель исследования — изучение показателей гемодинамики в магистральных артериях голени у больных в отдаленном периоде ДАГС в легкой степени.

### Материалы и методы

В исследование были включены две группы пациентов. Первая — 182 человека в возрасте от 29 до 65 лет в отдаленном периоде (10 лет) ДАГС легкой степени тяжести и вторая — контрольная (здоровая) группа из 58 человек без ДАГС. Исследование проводилось на базе ФГБВОУ ВПО «Военно-Медицинская академия им С.М. Кирова» и было одобрено

этическим комитетом данного учреждения. У всех пациентов получено информированное согласие на обработку персональных данных и на участие в исследовании.

Всем пациентам с легкой степенью ДАГС в остром и отдаленном периодах после травмы проводилось дуплексное сканирование магистральных артерий голени. Для сравнительной оценки данное исследование также использовали и в контрольной здоровой группе (по общепринятой методике путем сканирования в трех плоскостях с использованием линейного (частота 7 МГц) и секторного (частота 2,5 МГц) датчиков ультразвуковой системы Acuson 128XP/10 (США)) [9].

В артериях голени оценивали такие параметры: проходимость сосудов, наличие, размеры и структуру внутрисосудистых изменений; диаметр артерий (в систолу и диастолу с расчетом величины пульсации по формуле  $D_{syst} / D_{diast}$ ), индекс пульсации артерии (PI), толщину комплекса интима-медиа (КИМ), их диаметр и пиковую систолическую скорость кровотока ( $V_{ps}$ ) [10, 11]. Среднее значение, измеренное в парных сегментах контралатеральных сосудов, во всех количественных параметрах подвергалось анализу его.

Для исключения стенозо-окклюзирующего поражения, при наличии атеросклеротической бляшки оценивалось состояние просвета сосудов (с определением степени стеноза по площади), а также ход артерий голени (наличие или отсутствие деформаций, их вид — изгиб, S-образная извитость, S-образная извитость, извитость по типу петли) [11].

С учетом выявленных изменений условно выделялись следующие модели перестройки артерий: без изменений, со стенозами менее 50%, с деформациями хода и сочетанным поражением (стеноз менее 50% и извитость сосуда). При этом случаи со стенозами просвета одной из артерий более 50% не учитывали.

Согласно протоколу обследования сканирование проводили в положении лежа на спине. Датчик ультразвуковой системы для обеспечения оптимальной визуализации располагали по задней поверхности мышц голени. Исследование осуществлялось с использованием различных режимов сканирования —

импульсного доплеровского режима (PW-режим), цветового доплеровского кодирования (CD-режим) и режима двумерной серо-шкальной эхографии (B-режим). В B-режиме с обеих сторон измерялись: диаметр артерии голени — на уровне ее нижней трети, толщина КИМ в области ее максимального визуального утолщения [9].

Статистическая обработка данных производилась с использованием прикладных программ Excel и STATISTICA 10.0. Отличия считали статистически значимыми при значениях достоверности  $p < 0,05$ .

### Результаты исследования

На первом этапе проводились исследования магистральных артерий голени у всех пациентов контрольной группы. Были определены диаметры передней и задней большеберцовых артерий голени, составивших соответственно  $5,77 \pm 0,47$  мм и  $4,91 \pm 0,34$  мм, а также величина пульсации сосудистой стенки в сосудах голени, которая равнялась  $1,33 \pm 0,13$  мм.

Значения количественных (линейных) параметров кровотока в магистральных артериях голени составили: для передней большеберцовой артерии —  $67,85 \pm 22,1$  см/с; для задней большеберцовой артерии —  $53,19 \pm 17,6$  см/с.

$V_{ps}$  в контрольной группе для передней большеберцовой артерии составил  $72,5 \pm 15,8$  см/с, а  $V_{ps}$  для задней большеберцовой артерии —  $61,9 \pm 14,2$  см/с. Индекс пульсации в артериях у данной категории обследованных колебался в пределах —  $2,33 \pm 0,6$ .

При исследовании методом дуплексного сканирования у пациентов в отдаленном периоде легкой формы ДАГС диаметр артерий по абсолютным значениям не отличался от диаметра сосудов в контрольной группе и составлял для передней большеберцовой артерии —  $5,67 \pm 0,34$  мм, для задней большеберцовой артерии —  $4,88 \pm 0,48$  мм. Толщина КИМ в артериях голени была достоверно больше, чем у пациентов контрольной группы, ( $p < 0,05$ ) и составила  $1,07 \pm 0,21$  мм. Пульсация стенок также превышала соответствующие значения в контрольной группе и составляла  $1,39 \pm 0,22$  мм ( $p < 0,05$ ).

У пациентов с легкой степенью ДАГС кровотоков в артериях голени по линейным параметрам досто-

верно не отличался от такового в группе контроля ( $p > 0,05$ ). По абсолютным значениям  $V_{ps}$  в передней большеберцовой артерии была несколько ниже, чем в контрольной группе, и составила  $64,41 \pm 12,43$  см/с, в задней большеберцовой артерии — несколько выше и равнялась  $57,41 \pm 13,5$  см/с. PI, позволяющий судить о величине периферического сопротивления, соответствовал  $2,28 \pm 0,33$  и недостоверно был выше, чем у пациентов контрольной группы.

Преобладающее большинство контрольной группы (32 человека — 94,2%) не имело никаких внутрисосудистых изменений и нарушений хода артерий голени (Таб. 1). Из всех пациентов контрольной группы лишь у одного (2,9%) встретилась деформация хода задней большеберцовой артерии по типу S-образной извитости, однако по данным сканирования она была гемодинамически незначима.

Частота деформаций, стенозов и сочетанных поражений большеберцовых артерий у больных в отдаленном периоде легкой стадии ДАГС

Таблица 1

Показатели	Легкая стадия ДАГС (n= 182)	Контрольная группа (n=58)	p
Без изменений	142 (78,0%)	32 (94,2%)	<0,05
Стенозирование	6 (3,3%)	1 (2,9%)	>0,05
Деформация и извитость	34 (18,7%)	1 (2,9%)	<0,05

У 6 (3,3%) пациентов легкой степени ДАГС было выявлено стенозирование, у 34 (18,7%) — деформация и извитость. Причем у 6 из них наблюдалась S-образная извитость хода обеих большеберцовых артерий, что составило 3,3% по группе.

При анализе гемодинамических показателей

у пациентов, перенесших легкую стадию ДАГС, по сравнению с показателями в контрольной группе было выявлено повышение ЛСК с дальнейшей тенденцией к нормализации и даже снижению в отдаленном периоде (Таб. 2).

Показатели гемодинамики у больных с легкой стадией ДАГС в различные сроки катамнестического наблюдения в сравнении с контрольной группой

Таблица 2

Показатели гемодинамики	Группы пациентов		Контрольная группа (n=58)	P
	Пациенты с легкой стадией ДАГС osteoarthritis (n=182)			
	Отдаленный Период	Острый Период		
ЛСК систолическая	76,01±12,91	94,35±12,70	77,03±11,23	P >0,05
ЛСК средняя	46,81±7,71	61,22±7,79	48,56±6,53	P >0,05
ЛСК диастолическая	33,42±7,24	45,16±7,74	35,19±8,29	P >0,05
PI	0,82±0,11	0,79±0,12	0,74±0,21	P <0,05

Признаки затрудненной перфузии, сопровождавшие развитие синдрома повышенного давления в артериях голени, отмечались у 122 (67,0%) пациентов, при этом в подавляющем большинстве случаев (106 из 122 наблюдений — 86,9%) признаки

затрудненной перфузии были двухсторонними.

Основные гемодинамические показатели в артериях голени в разные периоды ДАГС легкой степени приведены в таблице 3.



Основные гемодинамические показатели у пациентов с легкой степенью ДАГС в различные сроки наблюдения.

Показатели гемодинамики в артериях голени	Пациенты с легкой ДАГС (n=182)	
	Отдаленный период	Острый период
Увеличенная ЛСК	52 (28,6%)	136 (75,6%)
Нормальная ЛСК	26 (14,3%)	38 (20,0%)
Сниженная ЛСК	104 (57,1%)	8 (4,4%)
Увеличенный PI	54 (29,7%)	-
Нормальный PI	128 (70,3%)	148 (81,3%)
Сниженный PI	0 (0%)	-
Асимметрия кровотока	124 (68,1%)	142 (78,1%)

У пациентов с легкой стадией ДАГС на момент обследования в отдаленном периоде были выявлены следующие показатели кровообращения в артериях голени: у 52 (28,6%) — умеренное увеличение средней линейной скорости кровотока (ЛСК); у 26 (14,3%) — ЛСК в пределах нормальных параметров; у 104 (57,1%) — ЛСК была снижена. При этом асимметрия ЛСК не выходила за пределы нормы у 128 (68,1%) пациентов.

PI определялся в пределах нормы у 24 (13,2%) пациентов, у остальных 158 (86,8%) — достоверно превышал показатели контрольной группы. У всех больных, в клинической картине заболевания которых преобладал синдром вегетососудистой дистонии, было обнаружено достоверное повышение ЛСК в артериях голени, преимущественно за счет диастолической скорости. В этой группе больных PI был умеренно повышен у 54 (29,7%) больных, у 128 (70,5%) — в пределах нормы. Увеличение пульсационного индекса свидетельствовало о возможном развитии у больных синдрома повышенного давления в артериях голени.

Гемодинамические показатели в остром периоде легкой степени ДАГС получены путем анализа первичной документации. У обследованных больных при анализе первичной документации острого периода ДАГС увеличение ЛСК наблюдалось у 136 (75,6%), а снижение — у 8 (4,4%) пациентов. Сохранение показателей ЛСК в пределах нормы определялось в 38 (20,0%) наблюдениях. Асимметрия ЛСК отмечалась у 142 (78,1%) больных, а PI в пределах нормы — у 148 (81,3%) пациентов.

## Обсуждение

Как известно, крупные артерии выполняют в организме человека две основные функции. С одной стороны, они являются анатомическим субстратом для обеспечения адекватного кровотока в различных областях человеческого тела, с другой стороны, именно благодаря им в результате дискретной работы происходит формирование непрерывного градиента давления между артериями и венами (Nichols W.W. et al., 1998). Обе эти функции взаимосвязаны и детерминируют друг друга.

Основным ультразвуковым показателем, позволяющим косвенно оценить наличие структурной перестройки сосудистой стенки, является состояние КИМ (толщина, эхогенность, степень дифференцировки на слои) [12]. У большинства больных в отдаленном периоде ДАГС отмечалось относительно равномерное повышение эхогенности КИМ сосудов голени с полной или частичной утратой его дифференцировки на слои. Выявляемые изменения могут расцениваться как отображение эластофиброза и артериосклероза [10, 13]. Собственно, для объективной оценки степени структурных изменений КИМ проводят измерение его толщины [11]. Одновременно со структурной перестройкой стенок сосудов голени происходит изменение их диаметров, что и наблюдалось у наших пациентов. Возникновение данного феномена, по-видимому, носит компенсаторный характер и направлено на предотвращение снижения уровня объемного кровотока. Степень компенсаторной дилатации зависит как от варианта

клинического течения заболевания, так и от ряда других факторов — продолжительности и степени тяжести заболевания [6, 14, 15]. Усиление влияния каждого из них ведет к увеличению степени компенсаторной дилатации, что согласуется с результатами сопоставлений, полученных для толщины КИМ. Учитывая, что вышеперечисленные изменения наблюдаются у пациентов с легкой степенью ДАГС, не стоит недооценивать их общее состояние при выстраивании тактики лечения и реабилитации [8].

В ходе проведенного исследования в остром периоде с легкой стадией ДАГС было выявлено умеренное повышение линейной скорости кровотока в магистральных артериях голени у большинства пациентов, в дальнейшем наблюдалась нормализация ЛСК и даже ее снижение. В то же время выявлена тенденция к увеличению пульсационного индекса, что свидетельствовало о возможном развитии у данной категории пациентов синдрома повышенного давления в артериях голени, что согласуется с мнением других авторов [10, 11, 16]. Намеченные изменения при обследовании больных в отдаленном периоде ДАГС также нашли свое подтверждение.

### Выводы

1. При легкой степени ДАГС наблюдаются изменения гемодинамики в виде неадекватной перфузии и нарушения васкулярной ауторегуляции, что может служить причиной вторичных повреждений.

2. Вследствие затрудненной перфузии при ДАГС легкой степени развивается синдром высокого давления в артериях голени. Увеличение линейной скорости кровотока имеет тенденцию к нормализации и дальнейшему снижению, а индекс пульсации, наоборот, — к увеличению в отдаленном периоде.

3. Изменения артерий нижней трети голени по типу деформаций, извитости и стенозов в отдаленном периоде легкой степени ДАГС составляет 22%, что свидетельствует о необходимости у этой категории пациентов более пристального внимания при подборе лечебных и реабилитационных мероприятий, ввиду недооценки их общего состояния.

### Библиографический список

1. Боровикова Т.А., Мякотных В.С. Современное состояние проблемы атеросклероза (обзор) // Успехи геронтологии (СПб). 2000. № 4. С. 112—117.
2. Крупаткин А.И. Функциональные исследования периферического кровообращения и микроциркуляции тканей в травматологии и ортопедии: возможности и перспективы // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2000. № 1. С. 66—69.
3. Barg A., Pagenstert G.I, Hügler T., Gloyer M., Wiewiorski M., Henninger H.B., Valderrabano V. Ankle Osteoarthritis: Etiology, Diagnostics, and Classification. *Foot Ankle Clin.* Sep 2013. 18 (3). 411—26.
4. Черкес-Заде Д.И., Каменев Ю.Ф. Хирургия стопы. Изд. 2-е, пере-раб. и доп. М.: Медицина, 2002. 328 с.
5. Ардашев И.П., Афонин Е.А., Власова И.В., Воронкин Р.Г., Казанин К.С. Диагностика сосудистых нарушений при переломах костей стопы // Вестник новых медицинских технологий. 2010. № 17. 1. С. 159—162.
6. Писарев В.В., Львов С.Е., Васин И.В., Тихомолова Э. В. Регионарная гемодинамика при различных видах оперативного лечения диафизарных переломов костей голени // Травматология и ортопедия России. 2012. № 1. С. 36—42
7. Ewalefo S.O., Dombrowski M., Hirase T., Rocha J.L., Weaver M. Kline A. at all. Management of Posttraumatic Ankle Arthritis: Literature Review. *Curr Rev Musculoskelet Med.* Dec 2018 11 (4), 546—557.
8. Ударцев Е.Ю., Чанцев А.В., Распопова Е.А. Дифференцированный патогенетический подход к выбору средств реабилитации больных с посттравматическим остеоартрозом коленного и голеностопного суставов // Травматология и ортопедия России. 2009. № 3. С. 20—27.
9. Лелюк В.Г., Лелюк С.Э. Ультразвуковая ангиология. М.: Реальное время, 2003. 336 с.
10. Шевцов В.И., Бунов В.С. Первичные изменения гемодинамики при туннелизации диафиза кости // Ангиология и сосудистая хирургия. 2005. Т. 11. № 1. С. 14—18.
11. Vlachopoulos Charalambos, O'Rourke Michael, Wilmer W. Nichols. McDonald's blood flow in arteries: Theoretical, Experimental and Clinical Principles. — 6-th ed. London. Arnold. 2011. 768 p.
12. Rogoznikova K.A. Остеоартроз. Как сохранить подвижность суставов. СПб., 2006. 248 с.
13. Paterson K.L., Gates G. Clinical Assessment and Management of Foot and Ankle Osteoarthritis: A Review of Current Evidence and Focus on Pharmacological Treatment. *Drugs Aging.* Mar 2019. 36 (3), 203—211.
14. Поворознюк В.В. Остеоартроз: современные принципы лечения // Здоровье Украины. 2003. № 11. С. 45—48.

15. Perrot S., Menkes Ch.J. Non-pharmacological approaches to pain in osteoarthritis // *Drugs*. 1996. V. 52. Suppl. 3. P. 2126.
16. Lee J.H. et al. Carbon dioxide reactivity, pressure autoregulation and metabolic suppression reactivity after head injury: a transcranial Doppler study // *J. Neurosurg*. 2001. Vol. 95. № 2. P. 222—232.
7. Ewalefo S.O., Dombrowski M., Hirase T., Rocha J.L., Weaver M. Kline A. at all. Management of Posttraumatic Ankle Arthritis: Literature Review. *Curr Rev Musculoskelet Med*. Dec 2018;11(4);546—57.
8. Udartsev E.Yu., Chantsev A.V., Raspopova E.A. A differentiated pathogenetic approach to the selection of rehabilitation means for patients with post-traumatic knee and ankle joints osteoarthritis. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2009;3: 20—7.
9. Lelyuk V.G., Lelyuk S.E. *Ultrasound angiology*. M.: Real time. 2003. 336 p.
10. Shevtsov V.I., Bunov B.C Primary hemodynamic changes during tunnel diaphysis tunneling. *Angiology and Vascular Surgery*. 2005;11(1):14—8.
11. Vlachopoulos Charalambos, O'Rourke Michael, Wilmer W. Nichols. *McDonald's blood flow in arteries: Theoretical, Experimental and Clinical Principles*. — 6-th ed. London. Arnold. 2011. 768 p.
12. Rogoznikova K.A. *Osteoarthrosis. How to maintain joint mobility*. SPb. 2006. 248 c.
13. Paterson K.L., Gates G. *Clinical Assessment and Management of Foot and Ankle Osteoarthritis: A Review of Current Evidence and Focus on Pharmacological Treatment*. *Drugs Aging*. Mar 2019;36(3):203—11.
14. Povoroznyuk V.V. *Osteoarthrosis: modern principles of treatment*. *Health of Ukraine*.2003;(11):45—8.
15. Perrot S., Menkes Ch.J. Non-pharmacological approaches to pain in osteoarthritis. *Drugs*. 1996; 52. Suppl. 3. P. 2126.
16. Lee J.H. et al. Carbon dioxide reactivity, pressure autoregulation and metabolic suppression reactivity after head injury: a transcranial Doppler study. *J. Neurosurg*. 2001; 95(2):222—32.

## References

1. Borovikova T.A., Myakotnyh V.S. The current state of the problem of atherosclerosis (review). *Advances in gerontology (St. Petersburg)*. 2000;(4):112—7.
2. Krupatkin A.I. Functional studies of peripheral blood circulation and tissue microcirculation in traumatology and orthopedics: opportunities and prospects. *Bulletin of Traumatology and Orthopedics*. N.N. Priorova. 2000;(1):66—9.
3. Barg A., Pagenstert G.I, Hügle T., Gloyer M., Wiewiorski M., Henninger H.B., Valderrabano V. Ankle Osteoarthritis: Etiology, Diagnostics, and Classification. *Foot Ankle Clin*. Sep 2013;18(3):411—26.
4. Cherkess-Zade D.I., Kamenev Yu.F. *Foot surgery*. Ed. 2nd, re-slave. and add. M.: Medicine, 2002. 328 p.
5. Ardashev I.P., Afonin E.A., Vlasova I.V., Voronkin R.G., Kazanin K.S. Diagnosis of vascular disorders in foot bones fractures. *Bulletin of new medical technologies*. 2010; 17(1):159—62.
6. Pisarev V.V., Lvov S.E., Vasin I.V., Tikhomolova E.V. Regional hemodynamics in various types of surgical treatment of diaphyseal fractures of the lower leg bones. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2012;1:36—42.

*Correspondence Author.* Karpovich Nikolai Ivanovich — PhD, Associate Professor of Medical Sciences, Department of Traumatology, Orthopedics and Arthrology, Peoples' Friendship University of Russia, 117198, Moscow, Str.Mikluho-Maklaya 21, b. 3

E-mail: galen7@yandex.ru

Mombekov A.O.— ORCID ID: 0000—0002—0207—6063

Karpovich N.I.— ORCID ID: 0000—0002—5656—1005

Dogotar O.A.— ORCID ID:0000—0002—2349—8740

Dergunov A.V.— ORCID ID: 0000—0002—0781—9890

Zagorodniy N.V.— ORCID ID:0000—0002—6736—9772

*Ответственный за переписку.* Карпович Николай Иванович — кандидат медицинских наук, доцент кафедры травматологии ортопедии и артрологии ФНМО МИ РУДН, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 21, к. 3.

E-mail: galen7@yandex.ru

Момбеков А.О. SPIN-код: 6267—6404; ORCID ID: 0000—0002—0207—6063

Карпович Н.И. SPIN-код: 4516—5567; ORCID ID: 0000—0002—5656—1005

Доготарь О.А. SPIN-код: 2268—8747; ORCID ID:0000—0002—2349—8740

Дергунов А.В. SPIN-код: 7763—6868; ORCID ID: 0000—0002—0781—9890

Загородний Н.В. SPIN-код: 6889—8166; ORCID ID:0000—0002—6736—9772