

ISSN 1607-419X

ISSN 2411-8524 (Online)

УДК 616.1:616.379-008.64-036.22

## Сердечно-лодыжечный сосудистый индекс и его связь с сахарным диабетом 2-го типа и предиабетом по данным исследования ЭССЕ-РФ в Кемеровской области

А. Н. Сумин, Н. А. Безденежных, Н. В. Федорова,  
А. В. Безденежных, Е. В. Индукаева, Г. В. Артамонова

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Научно-исследовательский институт комплексных проблем  
сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Россия

### Контактная информация:

Сумин Алексей Николаевич,  
ФГБНУ НИИ КПССЗ,  
Сосновый бульвар, д. 6, Кемерово,  
Россия, 650002.

Статья поступила в редакцию  
21.10.16 и принята к печати 11.12.16.

### Резюме

**Цель исследования** — оценить взаимосвязь предиабета и сахарного диабета (СД) с жесткостью артерий, оцененной посредством измерения сердечно-лодыжечного сосудистого индекса (СЛСИ). **Материалы и методы.** Одномоментное исследование проведено в рамках многоцентрового эпидемиологического исследования «Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний и их факторов риска в регионах Российской Федерации» (ЭССЕ-РФ) с марта по октябрь 2013 года. Объектом исследования явилась случайная популяционная выборка мужского и женского взрослого населения в возрасте 25–64 лет Кемеровской области. От каждого участника было получено письменное информированное согласие на проведение обследования. Стандартный протокол исследования ЭССЕ-РФ расширен дополнительным исследованием жесткости периферических артерий на аппарате VaSera VS-1000 (Fukuda Denshi, Япония) с автоматическим определением СЛСИ. В несколько этапов была сформирована выборка из 1619 человек, из нее исключены 2 пациента с СД 1-го типа. Оставшиеся 1617 человек были разделены на три группы: группа 1 — пациенты с СД 2-го типа ( $n = 272$ ), группа 2 — пациенты с предиабетом — нарушением гликемии натощак, нарушением толерантности к глюкозе или их сочетанием ( $n = 44$ ), группа 3 — лица без каких-либо подтвержденных нарушений углеводного обмена ( $n = 1301$ ). Проанализированы клиничко-анамнестические, лабораторные данные, показатели объемной сфигмографии (VaSera VS-1000) в группах в зависимости от нарушений углеводного обмена. **Результаты.** В настоящем эпидемиологическом исследовании СД 2-го типа выявлен у 16,6% обследованных, предиабет — в 2,7% случаев. При сравнении клиничко-анамнестических и лабораторных характеристик обращает на себя внимание следующая тенденция: пациенты с СД и предиабетом были сравнимы по большинству показателей, но значительно отличались от пациентов без нарушений углеводного обмена. Это касалось распространенности ишемической болезни сердца, артериальной гипертензии, ожирения, инсульта, болезней почек, показателей липидного спектра. Значения СЛСИ у лиц с предиабетом и СД были выше (7,7 и 7,6), чем у лиц без нарушений углеводного обмена (7,2;  $p = 0,009$  и  $p < 0,001$ ). Частота выявления патологического СЛСИ ( $> 9,0$ ) была выше среди пациентов с предиабетом и СД (15,9% и 16,8%) по сравнению с лицами с нормогликемией (9,0%,  $p < 0,001$ ). По результату корреляционного анализа, проведенного в общей выборке, СЛСИ положительно коррелировал с возрастом ( $r = 0,526$ ,  $p < 0,001$ ), мужским полом ( $r = 0,111$ ,  $p < 0,001$ ), наличием СД 2-го типа ( $r = 0,128$ ,  $p < 0,001$ ), предиабета ( $r = 0,071$ ,  $p = 0,002$ ), уровнем общего холестерина ( $r = 0,190$ ,  $p < 0,001$ ),

триглицеридов ( $r = 0,108$ ,  $p < 0,001$ ), холестерина липопротеинов низкой плотности ( $r = 0,186$ ,  $p < 0,001$ ), мочевой кислоты ( $r = 0,085$ ,  $p < 0,001$ ). СЛСИ отрицательно коррелировал со скоростью клубочковой фильтрации СКД-EPI ( $r = -0,461$ ,  $p < 0,001$ ). По результату регрессионного анализа значения СЛСИ были ассоциированы как с наличием СД (отношение шансов (ОШ) 1,18595%, доверительный интервал (ДИ) 1,100–1,276;  $p < 0,001$ ), так и предиабета (ОШ 1,17995% ДИ 1,008–1,380;  $p = 0,05$ ). **Заключение.** Предиабет в такой же степени, как и СД 2-го типа, ассоциирован с факторами сердечно-сосудистого риска, в том числе с повышенной жесткостью артерий. Увеличение СЛСИ в популяционной выборке Западной Сибири ассоциировано как с СД 2-го типа, так и с предиабетом.

**Ключевые слова:** сердечно-лодыжечный сосудистый индекс, жесткость артерий, сахарный диабет, предиабет, факторы сердечно-сосудистого риска

Для цитирования: Сумин А. Н., Безденежных Н. А., Федорова Н. В., Безденежных А. В., Индукаева Е. В., Артамонова Г. В. Сердечно-лодыжечный сосудистый индекс и его связь с сахарным диабетом 2-го типа и предиабетом по данным исследования ЭССЕ-РФ в Кемеровской области. Артериальная гипертензия. 2016;22(6):571–583. doi:10.18705/1607-419X-2016-22-6-571-583.

---



---

## Cardio-ankle vascular index and its association with type 2 diabetes mellitus and pre-diabetes: the results of the ESSE-RF study in Kemerovskaya region

A. N. Sumin, N. A. Bezdenezhnykh, N. V. Fedorova,  
A. V. Bezdenezhnykh, E. V. Indukaeva, G. V. Artamonova

Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular  
Diseases, Kemerovo, Russia

Corresponding author:

Alexei N. Sumin,  
Research Institute for Complex Issues of  
Cardiovascular Diseases,  
6 Sosnoviy bulvar, Kemerovo,  
650002 Russia.

Received 21 October 2016;  
accepted 11 December 2016.

---



---

### Abstract

**Objective.** To evaluate the relationship of pre-diabetes and diabetes mellitus (DM) with arterial stiffness assessed by cardio-ankle vascular index (CAVI). **Design and methods.** Cross-sectional study in the framework of a multicenter epidemiological study “Epidemiology of cardiovascular diseases and their risk factors in the Russian Federation” (ESSE-RF) from March to October 2013. The object of the study was a random population sample of the Kemerovo region of males and females aged 25–64 years. Each participant provided written informed consent to the survey. Standard research protocol ESSE-RF extended by further study of peripheral arterial stiffness using VaSeraVS-1000 (Fukuda Denshi, Japan) with automatic measurement of CAVI. The  $CAVI \geq 9,0$  was considered as pathological. Two patients with type 1 DM were excluded from a total sample of 1619 people. The remaining 1617 people were divided into three groups: Group 1 — patients with type 2 DM ( $n = 272$ ), Group 2 — patients with prediabetes — impaired fasting glucose, impaired glucose tolerance or their combination ( $n = 44$ ), Group 3 — persons without any confirmed carbohydrate metabolism disorder ( $n = 1301$ ). Medical history and laboratory data and indicators of volume sphygmography (VaSera VS-1000) were analyzed in groups depending on the presence of carbohydrate metabolism disorders. **Results.** The type 2 DM was diagnosed in 16,6% patients, pre-diabetes — in 2,7%. Patients with DM and prediabetes were comparable for most indicators, but significantly different from patients without carbohydrate metabolism disorders. The prevalence of coronary heart disease,

hypertension, obesity, stroke, kidney disease, dyslipidemia was higher among DM and pre-diabetic patients. The CAVI in patients with pre-diabetes and DM were higher (7,7 and 7,6) than in those without the carbohydrate metabolism disorders (7,2;  $p = 0,009$  and  $p < 0,001$ , respectively). The incidence of pathologic CAVI ( $> 9,0$ ) was higher among patients with DM and prediabetes (15,9% and 16,8%) compared with those with normoglycaemia (9,0%,  $p < 0,001$  for trend). The CAVI positively correlated with age ( $r = 0,526$ ,  $p < 0,001$ ), male gender ( $r = 0,111$ ,  $p < 0,001$ ), type 2 DM ( $r = 0,128$ ,  $p < 0,001$ ), prediabetes ( $r = 0,071$ ,  $p = 0,002$ ), total cholesterol ( $r = 0,190$ ,  $p < 0,001$ ), triglycerides ( $r = 0,108$ ,  $p < 0,001$ ), low-density lipoprotein cholesterol ( $r = 0,186$ ,  $p < 0,001$ ), uric acid ( $r = 0,085$ ,  $p < 0,001$ ). The CAVI negatively correlated with the glomerular filtration rate GFR CKD-EPI ( $r = -0,461$ ,  $p < 0,001$ ). The regression analysis showed that CAVI values were associated with the presence of DM (odds ratio (OR) 1,185 with an increase in the CAVI for each unit, 95% confidence interval (CI) 1,100–1,276;  $p < 0,001$ ), and pre-diabetes (OR 1,179, 95% CI 1,008–1,380;  $p = 0,044$ ). **Conclusions.** Prediabetic and DM patients have similar prevalence of cardiovascular risk factors, including increased stiffness of arteries. In a community sample of Western Siberia increase in CAVI was associated with both type 2 DM and prediabetes.

**Key words:** cardio-ankle vascular index, arterial stiffness, diabetes mellitus, prediabetes, cardiovascular risk factors

*For citation: Sumin AN, Bezdenzhnykh NA, Fedorova NV, Bezdenzhnykh AV, Indukaeva EV, Artamonova GV. Cardio-ankle vascular index and its association with type 2 diabetes mellitus and pre-diabetes: the results of the ESSE-RF study. Arterial'naya Gipertenziya = Arterial Hypertension. 2016;22(6):571–583. doi: 10.18705/1607-419X-2016-22-6-571-583.*

## Введение

Глобальное повышение распространенности сахарного диабета (СД) 2-го типа в течение последних десятилетий ставит перед обществом серьезную социально-экономическую проблему. Кардиоваскулярные проблемы являются наиболее существенными осложнениями, которые заметно влияют на выживание больных СД. Неудивительно, что большое внимание уделяется предотвращению развития СД, основной стратегией является выявление предиабета [1–4], то есть состояния высокого риска развития СД [1]. В развитых странах более, чем у трети взрослого населения диагностирован предиабет [2, 3], при его выявлении рассматривают терапевтические возможности для предотвращения или замедления развития СД [5].

Наличие СД интенсивно способствует ремоделированию сосудов, приводя к повышению жесткости артерий, и провоцирует развитие артериосклероза [6, 7]. Развитие артериосклероза сопровождается повышением жесткости артерий, что отражается в повышении таких показателей, как скорость пульсовой волны (СПВ) [8, 9] и сердечно-лодыжечный сосудистый индекс (СЛСИ) [10] у больных СД по сравнению с лицами без СД. Повышение жесткости сосудов, в свою очередь, является неблагоприятным прогностическим признаком, в том числе и у больных с метаболическими нарушениями [11].

Учитывая важность выявления предиабета, интерес исследователей вызывает его взаимосвязь с состоянием сосудистой стенки [12, 13]. В ряде исследований выявлена ассоциация между уровнем глюкозы натощак и повышением жесткости артерий

[14, 15], однако в работе Т. Ando и соавторов (2010) такой взаимосвязи не отмечено [16]. Подобные результаты получены и при использовании уровня гликированного гемоглобина как критерия предиабета [17–19], жесткость артерий в этих работах изучалась с помощью оценки СПВ. В последние годы активно изучается более точный маркер жесткости артериальной стенки — СЛСИ, который не зависит от уровня артериального давления (АД) [11, 13]. Это послужило основанием для проведения настоящего исследования, **целью** которого **была оценка** взаимосвязи предиабета и СД со значениями СЛСИ.

## Материалы и методы

Одномоментное исследование проведено в рамках многоцентрового эпидемиологического исследования «Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний и их факторов риска в регионах Российской Федерации» (ЭССЕ-РФ) с дополнительным изучением СЛСИ в Кемеровской области. Объектом исследования явилась случайная популяционная выборка мужского и женского взрослого населения в возрасте 25–64 лет Кемеровской области. Одномоментное эпидемиологическое исследование проведено в период с марта по октябрь 2013 года. Согласно протоколу исследования, выборка формировалась в 3 этапа, которые включали последовательный отбор муниципальных лечебно-профилактических учреждений, врачебных участков и домовладений. Приглашение в исследование получили 2 тысячи человек, приняли участие в исследовании 1628 человек (отклик составил 81,4%). В результате была сформирована выборка

из 1619 человек, о которых имелась полная для настоящего исследования информация. Исследование было одобрено независимым этическим комитетом федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний». У каждого участника было получено письменное информированное согласие на проведение обследования. Обследование населения по программе кардиологического скрининга проводили в утренние часы. Все измерения осуществлялись персоналом, владеющим эпидемиологическими методами исследования в кардиологии.

Физическое обследование включало измерение АД, частоты сердечных сокращений, антропометрических показателей; регистрацию электрокардиограммы (ЭКГ) покоя в 12 отведениях; а также взятие крови для проведения биохимических лабораторных тестов.

Измерение АД проводилось на правой руке обследуемого автоматическим тонометром в положении сидя, после 5-минутного отдыха. Уровень АД измерялся двукратно с интервалом около 2–3 минут. В анализ включали среднее значение из двух измерений. За артериальную гипертензию (АГ) принимали уровень АД 140/90 мм рт. ст. и более или АД менее 140/90 мм рт. ст. на фоне антигипертензивной терапии. Измерения роста и массы тела производились с помощью ростомера с точностью до 1 см и напольных электронных медицинских весов с точностью до 100 г; обследуемый находился без обуви и верхней одежды. Ожирение диагностировали при величине индекса массы тела (ИМТ)  $\geq 30$  кг/м<sup>2</sup>, который рассчитывался по формуле: масса тела в кг/рост в м<sup>2</sup> (индекс Кеттле). Окружность талии (ОТ) и окружность бедер: замеры проводили в положении стоя, мерная лента располагалась горизонтально, для ОТ точкой измерения служила середина расстояния между вершиной гребня подвздошной кости и нижним боковым краем ребер. Висцеральное ожирение определялось при ОТ, равной или превышающей 80 см у женщин и 94 см у мужчин [20]. Регулярно курившими считали лиц, выкуривавших 1 сигарету и более в день.

Взятие крови у обследуемого осуществлялось из вены локтевого сгиба, после 12 часов голодания. Лабораторные методы были строго стандартизованы и выполнены на одинаковом лабораторном оборудовании с использованием одинаковых наборов реактивов в клинических лабораториях. Скорость клубочковой фильтрации (СКФ) рассчитывалась по уровню креатинина с использованием формулы СКД-EPI (Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration).

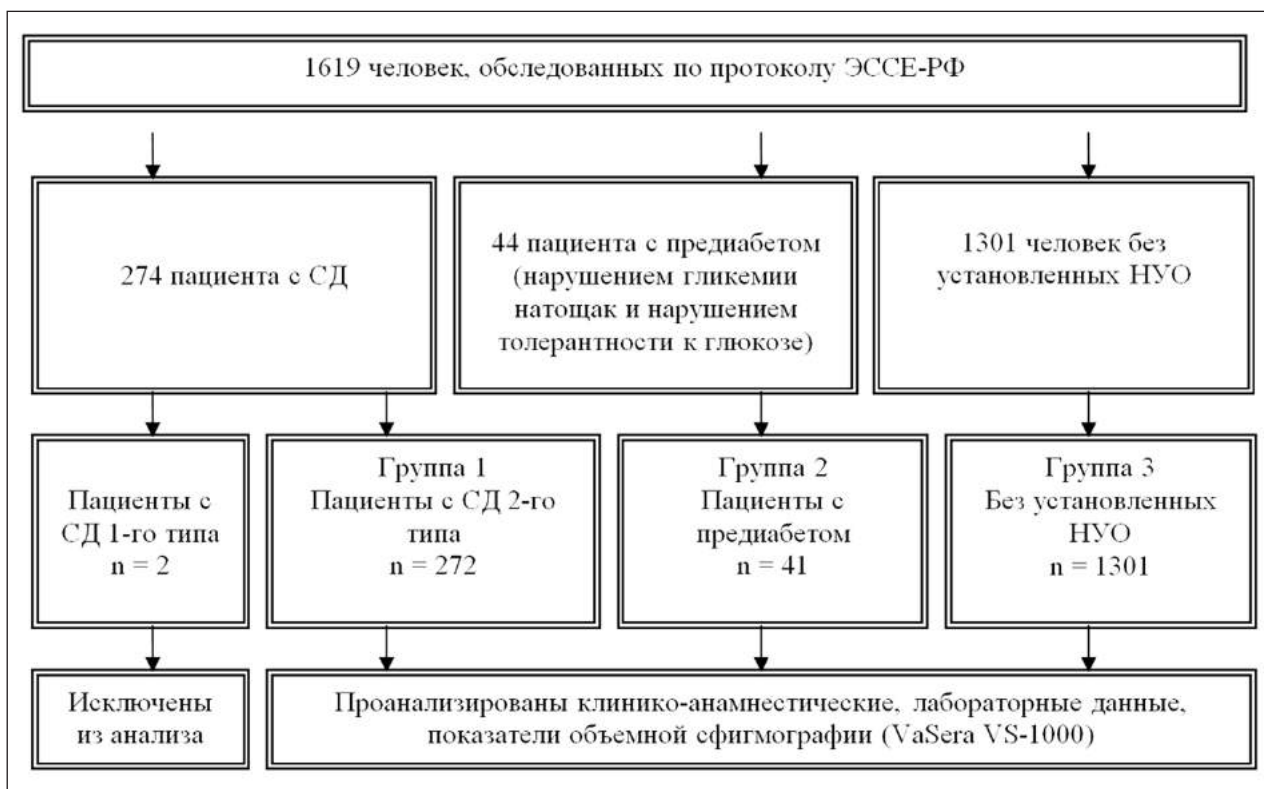
Программа кардиологического скрининга включала опрос по стандартному вопроснику, состоящему из 12 подразделов (модулей): социально-демографические данные респондента; пищевые привычки; физическая активность; курение; употребление алкоголя; здоровье, отношение к здоровью и качество жизни; сон; экономические условия и работа; стресс; тревога и депрессия; данные об обращаемости за медицинской помощью и нетрудоспособности, а также заболевания в анамнезе: стенокардия, инфаркт миокарда, АГ, СД и другие.

Стандартный протокол исследования ЭССЕ-РФ расширен дополнительным исследованием жесткости периферических артерий на аппарате VaSeraVS-1000 (Fukuda Denshi, Япония) с автоматическим определением СЛСИ. Расчет данного показателя осуществляется на основе регистрации плетизмограмм 4 конечностей, ЭКГ, фонокардиограммы, с использованием специального алгоритма для расчетов.

Нарушения углеводного обмена (НУО) определялись в соответствии с диагностическими критериями СД и других нарушений гликемии [21]. Большинство случаев СД 2-го типа и предиабета устанавливалось по данным анамнеза на основании медицинской документации пациента (рис. 1). В случае диагностики впервые установленного НУО использовался анализ глюкозы крови, взятой натощак, значения которого интерпретировались в соответствии с диагностическими критериями Всемирной организации здравоохранения согласно текущим национальным рекомендациям [21]. Под термином «предиабет» понимали нарушение гликемии натощак (НГН), или нарушение толерантности к глюкозе (НТГ), либо их сочетание. В цели и задачи исследования ЭССЕ-РФ не входил активный скрининг НУО, и поэтому при выявлении пограничной гликемии проведение перорального глюкозотолерантного теста не проводилось, что может считаться ограничением данного исследования и несколько занижать реальную распространенность предиабета и СД 2-го типа.

Из описанной выше выборки в 1619 человек были выделены пациенты с НУО: СД 1-го и 2-го типа, НГН, НТГ — всего 318 человек. Из дальнейшего анализа были исключены 2 пациента с СД 1-го типа. Оставшиеся 1617 человек были разделены на три группы: группа 1 — пациенты с СД 2-го типа (n = 272, из них 54 пациента (19,8%) с впервые выявленным СД), группа 2 — пациенты с предиабетом — НГН, НТГ или их сочетанием (n = 44, из них 13 пациентов (29,5%) с впервые установленным предиабетом), группа 3 — лица без каких-либо подтвержденных НУО (n = 1301).

Рисунок 1. Дизайн исследования



**Примечание:** ЭССЕ-РФ — многоцентровое эпидемиологическое исследование «Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний и их факторов риска в Российской Федерации»; СД — сахарный диабет; НУО — нарушения углеводного обмена.

Проанализированы клиничко-анамнестические данные, антропометрические характеристики, показатели объемной сфигмографии (VaSera VS-1000) в группах в зависимости от наличия НУО.

Статистическая обработка проводилась с использованием стандартного пакета программ Statistica 6.0. Проверка распределения количественных данных выполнялась с помощью критерия Шапиро–Уилка. Ввиду того, что распределение всех количественных признаков отличалось от нормального, они представлены в виде медианы и квартилей (25-го и 75-го процентилей). Для попарного сравнения групп применялся критерий Манна–Уитни и  $\chi^2$  (хи-квадрат). При малом числе наблюдений использовался точный критерий Фишера с поправкой Йетса. Для решения проблемы множественных сравнений использовалась поправка Бонферрони. Таким образом, с учетом количества степеней свободы критический уровень значимости  $p$  при сравнении трех групп принимался равным 0,017. Для оценки связи бинарного признака с одним или несколькими количественными или качественными признаками применялся логистический регрессионный анализ. В многофакторный регрессионный анализ включались переменные, для которых значения критерия статистической значимости при однофакторном анализе составляли меньше 0,1. Предварительно

проводилось выявление возможных взаимосвязей между предполагаемыми предикторами, затем формировались несколько регрессионных моделей с учетом выявленных корреляций. Уровень критической значимости ( $p$ ) при проведении регрессионного анализа был принят равным 0,05.

### Результаты

При сравнении клиничко-анамнестических характеристик (табл. 1) обращает на себя внимание следующая тенденция: пациенты с СД и предиабетом были сравнимы по большинству показателей, но отличались от пациентов без НУО. Так, у пациентов 1-й и 2-й групп была большая медиана возраста ( $p < 0,001$ ) и стажа курения ( $p < 0,05$ ) в сравнении с группой 3, при этом они не различались между собой. Количество курильщиков было меньшим в обеих группах с НУО в сравнении с группой 3 ( $p = 0,005$ ). Среди пациентов обеих групп с СД и предиабетом была большей распространенность АГ ( $p_{2-3} < 0,002$ ,  $p_{1-3} < 0,001$ ), болезней почек ( $p_{2-3} < 0,041$ ,  $p_{1-3} < 0,001$ ) в сравнении с группой без НУО. У больных СД в анамнезе чаще регистрировались ишемическая болезнь сердца и инсульт в сравнении с группой без НУО ( $p < 0,001$ ), но частота этих заболеваний в группе предиабета была сопоставимой ( $p > 0,05$ ). В 3-й группе наибольшей

## КЛИНИКО-АНАМНЕСТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГРУПП

Показатель	Группа 1 СД n = 272	Группа 2 Предиабет n = 44	Группа 3 Без НУО n = 1301	p для трен- да	p при попарном сравнении групп
Возраст, годы (Me [LQ; UQ])	55,0 (48,0; 59,0)	52,5 (46,5; 59,0)	46,0 (35,0; 55,0)	< 0,001	p <sup>1-2</sup> = 0,433 p <sup>2-3</sup> < 0,001 p <sup>1-3</sup> < 0,001
Мужской пол, n (%)	90 (33,1)	23 (52,3)	584 (44,9)	0,002	p <sup>1-2</sup> = 0,014 p <sup>2-3</sup> = 0,333 p <sup>1-3</sup> < 0,001
Табакокурение, n (%)	64 (23,5)	10 (22,7)	419 (32,2)	0,006	p <sup>1-2</sup> = 0,876 p <sup>2-3</sup> = 0,005 p <sup>1-3</sup> = 0,005
Стаж курения, годы (Me [LQ; UQ])	36,5 (25,0; 41,5)	33,0 (24,0; 42,0)	24,0 (16,0; 35,0)	< 0,001	p <sup>1-2</sup> = 0,621 p <sup>2-3</sup> = 0,007 p <sup>1-3</sup> < 0,001
Образование (полное среднее и выше), n (%)	209 (76,8)	32 (72,7)	1050 (80,7)	0,002	p <sup>1-2</sup> = 0,552 p <sup>2-3</sup> = 0,189 p <sup>1-3</sup> = 0,146
Работающие, n (%)	183 (67,3)	29 (65,9)	998 (76,7)	0,003	p <sup>1-2</sup> = 0,857 p <sup>2-3</sup> = 0,097 p <sup>1-3</sup> = 0,001
Инвалидность по ССЗ, n (%)	20 (7,4)	5 (11,4)	31 (2,4)	< 0,001	p <sup>1-2</sup> = 0,539 p <sup>2-3</sup> = 0,002 p <sup>1-3</sup> < 0,001
АГ, n (%)	155 (57,0)	28 (63,6)	519 (39,9)	0,001	p <sup>1-2</sup> = 0,407 p <sup>2-3</sup> = 0,002 p <sup>1-3</sup> < 0,001
Ишемическая болезнь сердца, n (%)	47 (17,3)	5 (11,4)	90 (6,9)	0,001	p <sup>1-2</sup> = 0,326 p <sup>2-3</sup> = 0,257 p <sup>1-3</sup> < 0,001
Инсульт в анамнезе, n (%)	20 (1,5)	0 (0)	14 (5,15)	0,002	p <sup>1-2</sup> = 0,123 p <sup>2-3</sup> = 0,407 p <sup>1-3</sup> < 0,001
Болезни почек, n (%)	94 (34,6)	16 (36,4)	300 (23,1)	0,001	p <sup>1-2</sup> = 0,815 p <sup>2-3</sup> = 0,041 p <sup>1-3</sup> < 0,001
Ожирение (ИМТ ≥ 30 кг/м <sup>2</sup> ), n (%)	164 (60,3)	22 (50,0)	378 (29,1)	< 0,001	p <sup>1-2</sup> = 0,178 p <sup>2-3</sup> = 0,003 p <sup>1-3</sup> < 0,001

**Примечание:** СД — сахарный диабет; НУО — нарушения углеводного обмена; ССЗ — сердечно-сосудистые заболевания; АГ — артериальная гипертензия; ИМТ — индекс массы тела.

ПОКАЗАТЕЛИ ОБЪЕМНОЙ СФИГМОГРАФИИ (VASERA VS-1000) n = 1586

Показатель	Группа 1 СД n = 268	Группа 2 Предиабет n = 44	Группа 3 Без НУО n = 1274	p для тренда	p
ЧСС, уд/мин (Me [LQ; UQ])	76,8 (68,5;83,5)	76,5 (69,8;83,8)	73,0 (67,3;79,5)	< 0,001	p <sub>1-2</sub> = 0,404 p <sub>2-3</sub> = 0,014 p <sub>1-3</sub> < 0,001
САД — рука, мм рт. ст. (Me [LQ; UQ])	137,75 (125,3; 154,3)	134,75 (127,5; 153,7)	128,5 (117,0; 141,0)	< 0,001	p <sub>1-2</sub> = 0,992 p <sub>2-3</sub> < 0,001 p <sub>1-3</sub> < 0,001
ДАД — рука, мм рт. ст. (Me [LQ; UQ])	89,8 (82,0; 96,0)	92,5 (81,5; 101,0)	83,5 (75,5; 92,5)	< 0,001	p <sub>1-2</sub> = 0,185 p <sub>2-3</sub> < 0,001 p <sub>1-3</sub> < 0,001
ЛПИ < 0,9, n (%)	26 (9,7)	4 (9,0)	108 (8,4)	0,765	p <sub>1-2</sub> = 0,921 p <sub>2-3</sub> = 0,852 p <sub>1-3</sub> = 0,499
СЛСИ, Me ([LQ; UQ])	7,5 (6,7; 8,6)	7,7 (6,7; 8,4)	7,2 (6,3; 7,9)	0,007	p <sub>1-2</sub> = 0,790 p <sub>2-3</sub> = 0,009 p <sub>1-3</sub> < 0,001
СЛСИ справа	7,4 (6,5; 8,4)	7,6 (6,5; 8,3)	6,9 (6,2; 7,8)	< 0,001	p <sub>1-2</sub> = 0,856 p <sub>2-3</sub> = 0,031 p <sub>1-3</sub> < 0,001
СЛСИ слева	7,3 (6,5; 8,3)	7,3 (6,6; 8,1)	6,9 (6,2; 7,7)	< 0,001	p <sub>1-2</sub> = 0,705 p <sub>2-3</sub> = 0,013 p <sub>1-3</sub> < 0,001
Условно- патологический СЛСИ ≥ 8, n (%)	108 (40,3)	17 (38,6)	297 (23,3)	< 0,001	p <sub>1-2</sub> = 0,834 p <sub>2-3</sub> = 0,018 p <sub>1-3</sub> < 0,001
Пограничный СЛСИ (8,0–9,0), n (%)	63 (23,5)	10 (22,7)	183 (14,4)	0,001	p <sub>1-2</sub> = 0,909 p <sub>2-3</sub> = 0,123 p <sub>1-3</sub> < 0,001
Патологический СЛСИ ≥ 9,0, n (%)	45 (16,8)	7 (15,9)	114 (9,0)	< 0,001	p <sub>1-2</sub> = 0,884 p <sub>2-3</sub> = 0,115 p <sub>1-3</sub> < 0,001

**Примечание:** СД — сахарный диабет; НУО — нарушения углеводного обмена; ЧСС — частота сердечных сокращений; САД — систолическое артериальное давление; ДАД — диастолическое артериальное давление; ЛПИ — лодыжечно-плечевой индекс; СЛСИ — сердечно-лодыжечный сосудистый индекс.

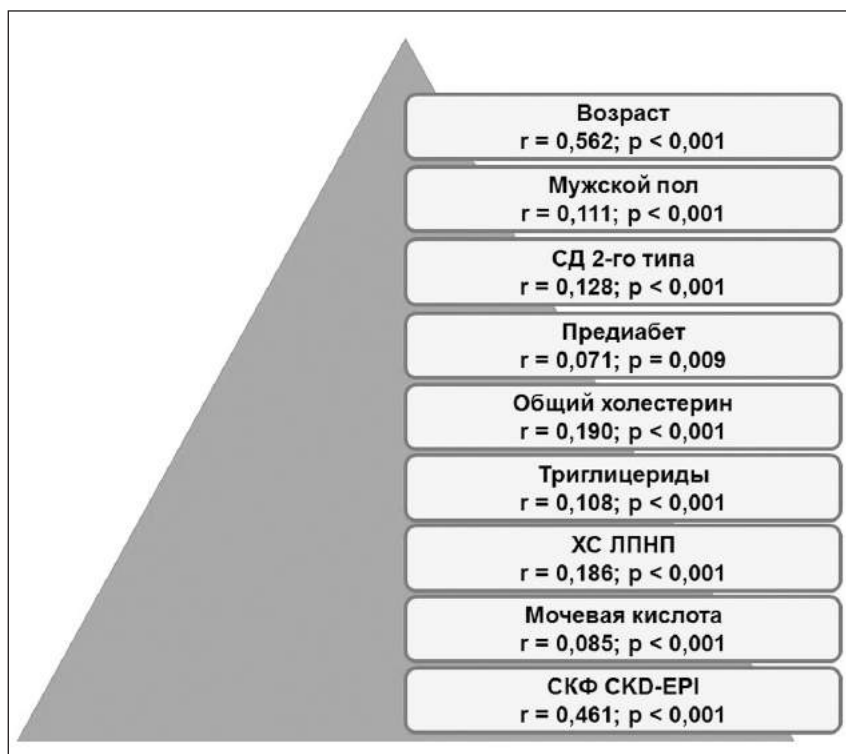
была доля работающих ( $p = 0,001$  в сравнении с группой 1). Ожирение ( $ИМТ \geq 30 \text{ кг/м}^2$ ) диагностировано у 60,3% пациентов с СД 2-го типа ( $p = 0,003$  в сравнении с 3-й группой), у 50% пациентов с НГН/НТГ ( $p < 0,001$  в сравнении с группой 3) и у 29,1% пациентов без НУО.

Анализ показателей объемной сфигмографии подтвердил сходство характеристик пациентов с СД 2-го типа и предиабетом со значимым отличием их от пациентов без НУО. Обследование

на VaSera VS-1000 с определением лодыжечно-плечевого индекса (ЛПИ) и СЛСИ проведено у 1586 человек (табл. 2).

Медиана частоты сердечных сокращений (ЧСС) в группах 1 и 2 не различалась, в то же время она была значимо выше, чем в группе 3. Медианы систолического и диастолического АД также были выше в обеих группах с НУО ( $p < 0,001$  во всех случаях в сравнении с группой без НУО). В то же время не наблюдалось различий между тремя группами

**Рисунок 2. Корреляция сердечно-лодыжечного сосудистого индекса с лабораторными показателями и нарушениями углеводного обмена (n = 1617)**



**Примечание:** СД — сахарный диабет; ХС ЛПНП — холестерин липопротеинов низкой плотности; СКФ СКD-EPI — скорость клубочковой фильтрации, рассчитанная по формуле СКD-EPI.

по медиане ЛПИ и количеству лиц с патологическим его значением. Патологический ЛПИ ( $< 0,9$ ), который является маркером атеросклероза артерий нижних конечностей, определялся у 9,7% пациентов с СД 2-го типа, у 9,0% пациентов с предиабетом и у 8,4% лиц без НУО ( $p > 0,05$  во всех случаях) (табл. 2).

Медиана СЛСИ была выше в группах 1 и 2 ( $p = 0,009$  и  $p < 0,001$  соответственно в сравнении с группой 3). СЛСИ  $\geq 8$  встречался у 40,3% больных СД ( $p < 0,001$  в сравнении с группой 3), 38,6% пациентов с предиабетом ( $p = 0,009$  в сравнении с группой 3) и у 23,3% обследованных без НУО. Патологический СЛСИ ( $\geq 9,0$ ) выявлен у 16,8% пациентов с СД 2-го типа, у 15,9% лиц с предиабетом и у 9,0% лиц без НУО ( $p < 0,001$  при сравнении групп 1 и 3) (табл. 2).

Анализ показателей липидного профиля не противоречил полученным ранее закономерностям: у пациентов с предиабетом и СД выявлены более высокие показатели общего холестерина, триглицеридов, холестерина липопротеинов низкой плотности (ХС ЛПНП) в сравнении с лицами без НУО, при этом они не различались между собой (табл. 3). Группы предиабета и СД были сопоставимы по медианам мочевой кислоты, а у пациентов без НУО (группа 3) отмечался значимо более низкий ее уровень, чем в группе 1 и 2 (табл. 3).

СКФ, рассчитанная по формуле СКD-EPI, была наивысшей в группе 3 в сравнении с обеими группами с НУО. В группах СД и предиабета она была сравнимой и значимо более низкой в сравнении с группой без НУО (табл. 3). Описанная тенденция не была отмечена для уровня креатинина, что подтверждает его низкую чувствительность в сравнении с расчетными формулами СКФ в отношении отражения фильтрационной функции почек.

По результатам корреляционного анализа, проведенного в общей выборке (рис. 2), СЛСИ положительно коррелировал с возрастом ( $p < 0,001$ ), мужским полом ( $p < 0,001$ ), наличием СД 2-го типа ( $p < 0,001$ ), предиабета ( $p = 0,002$ ). Выявлена взаимосвязь СЛСИ с показателями липидного спектра: он положительно коррелировал с уровнем общего холестерина ( $r = 0,190$ ,  $p < 0,001$ ), триглицеридов ( $p < 0,001$ ), ХС ЛПНП ( $p < 0,001$ ). Возрастание СЛСИ было ассоциировано с повышением уровня мочевой кислоты ( $p < 0,001$ ).

Обращает на себя внимание возрастание СЛСИ при ухудшении фильтрационной функции почек, о чем свидетельствует обратная корреляция с СКФ СКD-EPI ( $p < 0,001$ ) (рис. 2).

Проведение регрессионного анализа выявило факторы, ассоциированные с наличием СД 2-го типа и предиабета (табл. 4).



## ЛАБОРАТОРНЫЕ ДАННЫЕ В ГРУППАХ

Показатель	Группа 1 СД n = 272	Группа 2 Предиабет n = 44	Группа 3 Без НУО n = 1301	р для тренда	р
Общий холестерин, ммоль/л [Ме (LQ; UQ)]	5,4 (4,7; 6,2)	5,7 (5,1; 6,6)	5,1 (4,3; 5,8)	< 0,001	$p_{1-2} = 0,113$ $p_{2-3} = 0,004$ $p_{1-3} < 0,001$
ХС ЛПНП, ммоль/л [Ме (LQ; UQ)]	3,7 (3,0; 4,2)	3,7 (3,2; 4,6)	3,4 (2,7; 4,1)	< 0,001	$p_{1-2} = 0,233$ $p_{2-3} = 0,003$ $p_{1-3} < 0,001$
ХС ЛПВП, ммоль/л [Ме (LQ; UQ)]	1,6 (1,3; 1,9)	1,6 (1,4; 1,9)	1,7 (1,4; 2,0)	0,002	$p_{1-2} = 0,402$ $p_{2-3} = 0,402$ $p_{1-3} < 0,001$
Триглицериды, ммоль/л [Ме (LQ; UQ)]	1,6 (0,9; 1,9)	1,6 (1,1; 2,1)	1,2 (0,7; 1,5)	< 0,001	$p_{1-2} = 0,096$ $p_{2-3} < 0,001$ $p_{1-3} < 0,001$
Креатинин, мкмоль/л [Ме (LQ; UQ)]	69,4 (63,5; 76,9)	73,45 (69,55; 82,1)	69,5 (63,3; 77,2)	0,003	$p_{1-2} = 0,004$ $p_{2-3} = 0,004$ $p_{1-3} = 0,958$
Глюкоза, ммоль/л [Ме (LQ; UQ)]	6,5 (5,0; 7,0)	6,3 (6,1; 6,5)	4,8 (4,4; 5,2)	< 0,001	$p_{1-2} = 0,003$ $p_{2-3} < 0,001$ $p_{1-3} < 0,001$
Мочевая кислота, мкмоль/л [Ме (LQ; UQ)]	0,3 (0,3; 0,4)	0,4 (0,3; 0,4)	0,3 (0,2; 0,35)	< 0,001	$p_{1-2} = 0,134$ $p_{2-3} = 0,001$ $p_{1-3} < 0,001$
СКФ СКD-EPI, мл/мин/1,73 м <sup>2</sup>	88,8 (80,3; 100,1)	96,6 (91,9; 102,8)	103,0 (96,1; 111,2)	< 0,001	$p_{1-2} = 0,797$ $p_{2-3} < 0,001$ $p_{1-3} < 0,001$

**Примечание:** СД — сахарный диабет; НУО — нарушения углеводного обмена; ХС ЛПНП — холестерин липопротеинов низкой плотности; ХС ЛПВП — холестерин липопротеинов высокой плотности; СКФ СКD-EPI — скорость клубочковой фильтрации, рассчитанная по формуле СКD-EPI.

Так, возраст и наличие АГ были связаны как с СД 2-го типа ( $p < 0,001$  в обоих случаях), так и с предиабетом ( $p = 0,005$  и  $p < 0,001$  для возраста и АГ соответственно), в то время как женский пол и наличие ишемической болезни сердца повышали вероятность выявления СД 2-го типа ( $p < 0,001$  в обоих случаях), но не предиабета ( $p = 0,334$  и  $p = 0,141$  для пола и ишемической болезни сердца соответственно).

При возрастании ЧСС, систолического и диастолического АД повышалась вероятность выявления как СД, так и предиабета (табл. 4). Патологический ЛПИ ( $< 0,9$ ) не был ассоциирован ни с СД ( $p = 0,489$ ), ни с предиабетом ( $p = 0,853$ ). Повышение СЛСИ на каждую единицу было ассоциировано как с СД ( $p < 0,001$ ), так и с предиабетом ( $p = 0,044$ ). При значении СЛСИ  $\geq 9,0$  почти в 2 раза возрастала

вероятность выявления СД 2-го типа (отношение шансов (ОШ) 1,996;  $p < 0,001$ ), но не предиабета (ОШ 1,925;  $p = 0,149$ ). В то время как при понижении порога индексации СЛСИ ( $\geq 8,0$ ) его патологическое значение было ассоциировано более чем с двукратным увеличением вероятности выявления и СД 2-го типа (ОШ 2,159;  $p < 0,001$ ), и предиабета (ОШ 2,336;  $p = 0,026$ ).

Повышение уровня общего холестерина, ХС ЛПНП и триглицеридов на каждый ммоль/л было ассоциировано со значимым возрастанием вероятности выявления СД и предиабета ( $p < 0,001$  во всех случаях). Снижение ХС ЛПВП на каждую единицу измерения значимо повышало вероятность наличия СД 2-го типа (ОШ 1,720,  $p < 0,001$ ), но не предиабета ( $p = 0,361$ ). Повышение уровня мочевой кислоты было ассоциировано с повышением вероятности СД

**ФАКТОРЫ, АССОЦИИРОВАННЫЕ С САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ 2-ГО ТИПА  
И ПРЕДИАБЕТОМ ПО РЕЗУЛЬТАТУ РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА  
(n = 1617)**

Показатель	Факторы, ассоциированные с СД 2-го типа		Факторы, ассоциированные с предиабетом	
	OR (95% CI)	P	OR (95% CI)	P
Возраст	1,073 (1,058–1,088)	< 0,001	1,222 (1,054–1,416)	0,005
Женский пол	1,663 (1,264–2,188)	< 0,001	0,743 (0,407–1,358)	0,334
Ишемическая болезнь сердца	2,748 (1,884–4,009)	< 0,001	1,597 (0,879–2,902)	0,141
АГ	2,220 (1,696–2,906)	< 0,001	2,431 (1,692–3,494)	< 0,001
ЧСС (при повышении на 1 уд/мин)	1,025 (1,013–1,037)	< 0,001	1,034 (1,015–1,053)	< 0,001
САД — рука (при повышении на каждые 5 мм рт. ст.)	1,159 (1,122–1,198)	< 0,001	1,490 (1,081–1,221)	< 0,001
ДАД — рука (при повышении на каждые 5 мм рт. ст.)	1,205 (1,143–1,269)	< 0,001	1,193 (1,076–1,322)	0,001
ЛПИ < 0,9	1,173 (0,750–1,837)	0,489	1,104 (0,387–3,148)	0,853
СЛСИ ≥ 8	2,159 (1,639–2,840)	< 0,001	2,336 (1,113–3,861)	0,026
СЛСИ ≥ 9	1,996 (1,377–2,893)	< 0,001	1,925 (0,838–4,420)	0,149
СЛСИ max (при повышении на каждую индексную единицу)	1,185 (1,100–1,276)	< 0,001	1,179 (1,008–1,380)	0,044
Общий холестерин (при повышении на каждый ммоль/л)	1,260 (1,127–1,409)	< 0,001	1,502 (1,196–1,886)	< 0,001
ХС ЛПНП (при повышении на каждый ммоль/л)	1,720 (1,480–2,000)	< 0,001	1,274 (1,123–1,446)	0,002
ХС ЛПВП (при снижении на каждый ммоль/л)	1,700 (1,256–2,309)	< 0,001	1,377 (0,353–1,497)	0,361
Триглицериды (при повышении на каждый ммоль/л)	1,720 (1,480–2,000)	< 0,001	1,503 (1,150–1,960)	< 0,001
Мочевая кислота (при повышении на каждый ммоль/л)	2,892 (1,024–7,564)	< 0,001	21,710 (12,987–123,8)	< 0,001
СКФ СКД-ЕРІ (при снижении на каждые 5 мл/мин/1,73 м <sup>2</sup> )	1,417 (1,311–1,522)	< 0,001	1,397 (1,296–1,503)	< 0,001

**Примечание:** СД — сахарный диабет; АГ — артериальная гипертензия; ЧСС — частота сердечных сокращений; САД — систолическое артериальное давление; ДАД — диастолическое артериальное давление; ЛПИ — лодыжечно-плечевой индекс; СЛСИ — сердечно-лодыжечный сосудистый индекс; ХС ЛПНП — холестерин липопротеинов низкой плотности; ХС ЛПВП — холестерин липопротеинов высокой плотности; СКФ СКД-ЕРІ — скорость клубочковой фильтрации, рассчитанная по формуле СКД-ЕРІ.

почти в 3 раза (ОШ 2,890,  $p < 0,001$ ) и предиабета более чем в 20 раз (ОШ 21,710,  $p < 0,001$ ).

Снижение СКФ СКД-ЕРІ на каждые 5 мл/мин/1,73 м<sup>2</sup> было ассоциировано со значимым повышением вероятности как СД, так и предиабета (ОШ 1,417 и 1,397 соответственно,  $p < 0,001$  в обоих случаях).

### Обсуждение

В настоящем эпидемиологическом исследовании на неорганизованной популяции показано, что значения СЛСИ у пациентов с предиабетом выше, чем у лиц без НУО, и сопоставимы со значениями СЛСИ у больных СД. При корреляционном анализе выявлена слабая, но статистически значимая связь значений СЛСИ с наличием СД и предиабета.

В проведенном ранее исследовании у лиц с повышением уровня глюкозы натощак [14], даже в пределах нормальных значений, уже была показана повышенная СПВ. J. K. Paik и соавторы (2013) выявили, что СПВ была выше в группе с повышением уровня глюкозы натощак по сравнению с лицами с нормогликемией, в том числе после корректировки по другим переменным [15]. При обследовании 1274 лиц в возрасте старше 50 лет из Guangzhou Biobank Cohort Study было показано, что повышение СПВ отмечалось как у лиц с повышением уровня глюкозы натощак, так и при нарушении толерантности к глюкозе по результатам нагрузочного теста [22]. Кроме того, выявлена ассоциация между повышением уровня HbA1c (5,7–6,4%) и повышенной жесткостью артериальной стенки [19]. У лиц с высокими значениями HbA1c (5,7–6,4%) была выше СПВ после корректировки по полу, возрасту и ИМТ по сравнению с лицами с нормогликемией [19]. В то же время в ряде других исследований такая корректировка нивелировала влияние повышенного уровня гликированного гемоглобина на СПВ, такая ассоциация становилась статистически незначимой [12], а у пожилых лиц вообще отсутствовала [23]. Возможно, дело здесь в способе оценки жесткости артериальной стенки. Во всяком случае, использование другого, более нового показателя — СЛСИ — позволило в ряде исследований получить более убедительные данные. Так, при обследовании организованной выборки лиц в Японии старше 40 лет наличие предиабета было ассоциировано с более высокими значениями СЛСИ, как у мужчин (ОШ 1,29; 95% доверительный интервал (ДИ) 1,11–1,48), так и у женщин (ОШ 1,14; 95% ДИ 1,01–1,28); хотя эти связи были менее выраженными, чем при СД (соответственно ОШ 2,41; 95% ДИ 1,97–2,95 и ОШ 2,52; 95% ДИ 1,94–3,28) [13]. Результаты нашего исследования вполне

согласуются с этими данными, только различия в жесткости артерий между больными СД и лицами с предиабетом были менее выраженными.

Какое значение имеют полученные нами результаты? Во-первых, показано, что уже при наличии предиабета развивается неблагоприятное ремоделирование сосудистой стенки, характеризующееся повышением ее жесткости и отражающее наличие артериосклероза на этой стадии НУО. Это подчеркивает необходимость активного выявления предиабета в популяции, а при его наличии — оценки жесткости артериальной стенки. Во-вторых, изучение СЛСИ в динамике у лиц с предиабетом позволит оценить эффективность мероприятий по профилактике СД, которые состоят в модификации образа жизни, приеме метформина [21, 24–26]. Поскольку изменение образа жизни благоприятно влияет на жесткость артерий, приводя к снижению СЛСИ [27, 28], то его отслеживание целесообразно у такой категории больных наряду с мониторингом показателей углеводного обмена [29]. В-третьих, немаловажно, что данные предыдущих исследований с СЛСИ, полученных преимущественно на азиатской популяции (прежде всего в Японии), подтверждены в российской популяции, отличной по многим параметрам от зарубежных.

Ограничением настоящего исследования является то, что в нем не проводилось активного выявления предиабета с помощью теста толерантности к глюкозе либо с определением уровня гликированного гемоглобина. Это могло оказать влияние на полученные результаты относительно связи предиабета и СЛСИ. При оценке СПВ были отмечены различия в жесткости артерий между группами лиц с предиабетом, выявленным разными способами, — по уровню глюкозы натощак или уровню гликированного гемоглобина [12]. Однако при оценке СЛСИ в недавнем исследовании 2016 года убедительно выявлена взаимосвязь повышенной жесткости артерий с предиабетом, который оценивался по обоим этим критериям [13]. Другим ограничением исследования является его кросс-табулярный характер, мы не оценивали изменение СЛСИ на фоне изменений гликемического статуса. По-видимому, это задача уже будущих исследований.

### Заключение

В настоящем эпидемиологическом исследовании СД 2-го типа выявлен у 16,6% обследованных, предиабет — в 2,7% случаев. Значения СЛСИ у пациентов с предиабетом и СД были выше (7,7 и 7,6), чем у лиц без НУО (7,2;  $p = 0,009$  и  $p < 0,001$ ). Частота выявления патологического СЛСИ ( $> 9,0$ ) также была выше среди пациентов с предиабетом и СД

(15,9% и 16,8%) по сравнению с лицами с нормогликемией (9,0%). Значения СЛСИ коррелировали с наличием СД и предиабета. При однофакторном анализе значения СЛСИ были ассоциированы с наличием как СД (ОШ 1,185;  $p < 0,001$ ), так и предиабета (ОШ 1,179;  $p = 0,044$ ), при этом с предиабетом были связаны даже условно-патологические значения СЛСИ ( $\geq 8$ ). Таким образом, наличие предиабета уже проявляется признаками ремоделирования артериальной стенки с повышением ее жесткости, у таких лиц целесообразна дополнительная оценка СЛСИ для мониторинга эффекта от профилактических и лечебных воздействий.

#### Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.

#### Список литературы / References

- Standards of Medical Care in Diabetes 2016: Summary of revisions. *Diabetes Care* 2016;39(Suppl. 1): 4–5. doi: 10.2337/dc16-S003.
- Bullard KM, Saydah SH, Imperatore G, Cowie CC, Gregg EW, Geiss LS et al. Secular changes in U.S. prediabetes prevalence defined by hemoglobin A1c and fasting plasma glucose: National Health and Nutrition Examination Surveys, 1999–2010. *Diabetes Care* 2013;36(8):2286–93.
- Mainous AG 3rd, Tanner RJ, Baker R, Zayas CE, Harle CA. Prevalence of prediabetes in England from 2003 to 2011: population-based, cross-sectional study. *BMJ Open* 2014;4(6): e005002.
- Selph S, Dana T, Blazina I, Bougatsos C, Patel H, Chou R. Screening for type 2 diabetes mellitus: a systematic review for the U.S. Preventive Services Task Force. *Ann Intern Med*. 2015;162(11):765–76.
- Dunkley AJ, Bodicoat DH, Greaves CJ, Russell C, Yates T, Davies MJ et al. Diabetes prevention in the real world: effectiveness of pragmatic lifestyle interventions for the prevention of type 2 diabetes and of the impact of adherence to guideline recommendations: a systematic review and meta-analysis. *Diabetes Care*. 2014;37(4):922–33.
- Hata J, Kiyohara Y. Epidemiology of stroke and coronary artery disease in Asia. *Circ J*. 2013;77(8):1923–32.
- Dobsak P, Soska V, Sochor O, Jarkovsky J, Novakova M, Homolka M et al. Increased cardio-ankle vascular index in hyperlipidemic patients without diabetes or hypertension. *J Atheroscler Thromb*. 2015;22(3):272–83. doi: 10.5551/jat.24851.
- Bagherzadeh A, Nejati-Afkham A, Tajallizade-Khoob Y, Shafiee A, Sharifi F, Esfahani MA et al. Association of cardiac autonomic neuropathy with arterial stiffness in type 2 diabetes mellitus patients. *J Diabetes Metab Disord*. 2013;12(1):55. doi: 10.1186/2251-6581-12-55.
- Liu YP, Li Y, Richart T, Zhu Y, Thijs L, Jin Y et al. Determinants of arterial properties in Chinese type-2 diabetic patients compared with population-based controls. *Acta Cardiol*. 2011;66(5):619–26.
- Tian G, Wei W, Zhang W, Zhang L, You H, Liu W et al. Increasing age associated with elevated cardio-ankle vascular index scores in patients with type 2 diabetes mellitus. *J Int Med Res*. 2013;41(2):435–44. doi: 10.1177/0300060513477290.
- Sato Y, Nagayama D, Saiki A, Watanabe R, Watanabe Y, Imamura H et al. Cardio-ankle vascular index is independently associated with future cardiovascular events in outpatients with metabolic disorders. *J Atheroscler Thromb*. 2016;23(5):596–605. doi: 10.5551/jat.31385.
- Shen L, Zhang YG, Liu M, Qiang DC, Sun XL, Liu L et al. Increased arterial stiffness in subjects with pre-diabetes among middle aged population in Beijing, China. *Biomed Environ Sci*. 2013;26(9):717–25. doi: 10.3967/0895-3988.2013.09.002.
- Namekata T, Shirai K, Tanabe N, Miyanishi K, Nakata M, Suzuki K et al. Estimating the extent of subclinical arteriosclerosis of persons with prediabetes and diabetes mellitus among Japanese urban workers and their families: a cross-sectional study. *BMC Cardiovasc Disord*. 2016;16:52. doi: 10.1186/s12872-016-0230-6.
- Shin JY, Lee HR, Lee DC. Increased arterial stiffness in healthy subjects with high-normal glucose levels and in subjects with pre-diabetes. *Cardiovasc Diabetol*. 2011;10:30.
- Paik JK, Kim M, Kwak JH, Lee EK, Lee SH, Lee JH et al. Increased arterial stiffness in subjects with impaired fasting glucose. *J Diabetes Complications*. *J Diabetes Complications*. 2013;27(3):224–8.
- Ando T, Okada S, Nijima Y, Hashimoto K, Shimizu H, Tsuchiya T et al. Impaired glucose tolerance, but not impaired fasting glucose, is a risk factor for early-stage atherosclerosis. *Diabet Med*. 2010;27(12):1430–5.
- Yokoyama H, Kuramitsu M, Kanno S, Tada J, Yokota Y, Kamikawa F. Relationship between metabolic syndrome components and vascular properties in Japanese type 2 diabetic patients without cardiovascular disease or nephropathy. *Diabetes Res Clin Pract*. 2007;75(2):200–6.
- Choi SW, Shin MH, Yun WJ, Kim HY, Lee YH, Kweon SS et al. Association between hemoglobin A1c, carotid atherosclerosis, arterial stiffness, and peripheral arterial disease in Korean type 2 diabetic patients. *J Diabetes Complications*. 2011;25(1):7–13.
- Liang J, Zhou N, Teng F, Zou C, Xue Y, Yang M et al. Hemoglobin A1c levels and aortic arterial stiffness: the Cardiometabolic Risk in Chinese (CRC) study. *PLoS One*. 2012;7(8):e38485.
- Российское кардиологическое общество. Российские рекомендации «Диагностика и коррекция нарушений липидного обмена с целью профилактики и лечения атеросклероза». Атеросклероз и дислипидемии. 2012;4:5–52. [The Russian Society of Cardiology. Russian recommendations “Diagnostics and correction of lipid disorders for the prevention and treatment of atherosclerosis”. *Journal of Atherosclerosis and Dyslipidaemias*. 2012;4:5–52. In Russian].
- Российская ассоциация эндокринологов. Клинические рекомендации «Алгоритмы специализированной медицинской помощи больным сахарным диабетом» 6-й выпуск / под ред. Дедова И. И., Шестаковой М. В. М.: ФГБУ «Эндокринологический научный центр». 2013;120 с. [The Russian Association of endocrinologists. Clinical guidelines “Algorithms specialized medical care to patients with diabetes” 6th edition / ed. by Dedov AI, Shestakova MV. Moscow: FGBU Endocrinology Research Center. 2013. 120 s. In Russian].
- Xu L, Jiang CQ, Lam TH, Cheng KK, Yue XJ, Lin JM et al. Impact of impaired fasting glucose and impaired glucose tolerance on arterial stiffness in an older Chinese population: the Guangzhou Biobank Cohort Study-CVD. *Metabolism*. 2010;59(3):367–72.
- Zieman SJ, Kaminen A, Ix JH, Barzilay J, Djoussé L, Kizer JR et al. Hemoglobin A1c and arterial and ventricular stiffness in older adults. *PLoS One*, 2012;7(10): e47941.
- Perreault L, Pan Q, Mather KJ, Watson KE, Hamman RF, Kahn SE et al. Effect of regression from prediabetes to normal glucose regulation on long-term reduction in diabetes risk: results from the Diabetes Prevention Program Outcomes Study. *Lancet*. 2012;379(9833):2243–2251.

25. Stefan N, Staiger H, Wagner R, Machann J, Schick F, Häring HU et al. A high-risk phenotype associates with reduced improvement in glycaemia during a lifestyle intervention in prediabetes. *Diabetologia*. 2015;58(12):2877–2884.

26. Marrero DG, Palmer KN, Phillips EO, Miller-Kovach K, Foster GD, Saha CK. Comparison of commercial and self-initiated weight loss programs in people with prediabetes: a randomized control trial. *Am J Public Health*. 2016;106(5):949–56. doi: 10.2105/AJPH.2015.303035.

27. Shirai K, Saiki A, Nagayama D, Tatsuno I, Shimizu K, Takahashi M. the role of monitoring arterial stiffness with cardio-ankle vascular index in the control of lifestyle-related diseases. *Pulse (Basel)*. 2015;3(2):118–33. doi: 10.1159/000431235.

28. Shimizu K, Yamamoto T, Shirai K. Arterial stiffness, as monitored by cardio-ankle vascular index, is affected by obstructive sleep apnea, blood glucose control, and body weight — a case with 8 years follow up. *Int Med Case Rep J*. 2016;9:231–5. doi: 10.2147/IMCRJ.S113377.

29. Mainous AG 3rd, Tanner RJ, Baker R. prediabetes diagnosis and treatment in primary care. *J Am Board Fam Med*. 2016;29(2):283–5. doi: 10.3122/jabfm.2016.02.150252.

#### Информация об авторах

Сумин Алексей Николаевич — доктор медицинских наук, заведующий отделом мультифокального атеросклероза ФГБНУ НИИ КИССЗ;

Безденежных Наталья Александровна — научный сотрудник лаборатории патологии кровообращения отдела мультифокального атеросклероза ФГБНУ НИИ КИССЗ;

Федорова Наталья Васильевна — научный сотрудник лаборатории патофизиологии мультифокального атеросклероза ФГБНУ НИИ КИССЗ;

Безденежных Андрей Викторович — кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник реконструктивной хирургии мультифокального атеросклероза ФГБНУ НИИ КИССЗ;

Индукеева Елена Владимировна — кандидат медицинских наук, научный сотрудник лаборатории эпидемиологии сердечно-сосудистых заболеваний ФГБНУ НИИ КИССЗ;

Артамонова Галина Владимировна — доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора по научной работе, заведующая отделом оптимизации медицинской помощи при сердечно-сосудистых заболеваниях ФГБНУ НИИ КИССЗ.

#### Author information

Alexei N. Sumin, MD, PhD, DSc, Chief, Department of Multifocal Atherosclerosis, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases;

Natalia A. Bezdenezhnykh, MD, PhD, Researcher, Laboratory of Circulation pathology, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases;

Natalia V. Fedorova, MD, Researcher, Laboratory of Pathophysiology of Multifocal Atherosclerosis, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases;

Andrey V. Bezdenezhnykh, MD, PhD, Senior Researcher, Laboratory of Reconstructive Surgery of Multifocal Atherosclerosis, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases;

Elena V. Indukaeva, MD, PhD, Researcher, Department of Epidemiology of Cardiovascular Diseases, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases;

Galina V. Artamonova, MD, PhD, DSc, Professor, Deputy Director for Research, Chief, Department of Medical Care Optimization in Cardiovascular Diseases, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases.