

**ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ****HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY**

DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-3-853

УДК 616.13-004.6-02-092(045)



Научная статья

**АТЕРОСКЛЕРОТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ  
БРАХИОЦЕФАЛЬНЫХ АРТЕРИЙ У ЛИЦ РАЗНЫХ  
ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП ПО ДАННЫМ СОНОГРАФИИ***А.П. Борейко, Т.Д. Кулакова, С.Ф. Лукина*

**Обоснование.** Одной из частых причин смерти является инсульт на фоне атеросклероза экстракраниальных отделов сонных артерий. Выявление атеросклероза на ранней стадии способствует своевременной профилактике и снижению риска развития острого кардиоваскулярного события в будущем.

**Цель.** Оценить клиническое значение ультразвукового исследования в диагностике атеросклеротических изменений брахиоцефальных артерий у лиц разных возрастных групп.

**Материалы и методы.** Проведено ультразвуковое исследование брахиоцефальных артерий у 155 человек в возрасте от 45 до 89 лет, которые были рандомизированы на 3 группы по возрасту. В группу среднего возраста вошли 56 человек; в группу пожилого возраста – 54; в группу старческого возраста – 45. Обработка результатов исследования проводилась в программах Statistica 10 (StatSoft, USA).

**Результаты.** По данным сонографии атеросклеротические бляшки выявлены в 62,5% в среднем, 83,3% в пожилом и 88,9% старческом возрасте. Гетерогенные гипозоногенные и кальцинированные бляшки встречаются только у лиц старше 60 лет. В области бифуркации общей сонной артерии во всех группах наблюдался умеренный стеноз. В проксимальном отделе внутренней сонной артерии наблюдается выраженный стеноз и критический стеноз сосудов в старческом возрасте. Показатель максимальной систолической скорости у лиц, имеющих атеросклероз, снижается с возрастом. С увеличением возраста повышается уровень сосудистого сопротивления.

**Заключение.** Учитывая значительные изменения показателей атеросклеротических проявлений уже в среднем возрасте, для снижения роста смертности населения от сердечнососудистых заболеваний система здравоохранения должна ввести ранний ультразвуковой скрининг брахиоцефальных артерий для пациентов с 18 лет.

**Ключевые слова:** сердечно-сосудистые заболевания; атеросклероз; атеросклеротическая бляшка; брахиоцефальные артерии

**Для цитирования.** Борейко А.П., Кулакова Т.Д., Лукина С.Ф. Атеросклеротические изменения брахиоцефальных артерий у лиц разных возрастных групп по данным сонографии // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2024. Т. 16, №3. С. 92-113. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-3-853

Original article

## ATHEROSCLEROTIC CHANGES OF BRACHIOCEPHALIC ARTERIES IN DIFFERENT AGE GROUPS ACCORDING TO SONOGRAPHY

*A.P. Boreyko, T.D. Kulakova, S.F. Lukina*

**Background.** One of the most frequent causes of death is considered to be stroke on the back of atherosclerosis of the extracranial carotid arteries. Detection of atherosclerosis at an early stage facilitates timely prevention and reduces the risk of developing of an acute cardiovascular event in the future.

**Purpose.** To evaluate the clinical significance of ultrasound in the diagnosis of atherosclerotic changes in the brachiocephalic arteries in people of different age groups.

**Materials and methods.** Echography of brachiocephalic arteries was performed among 155 people aged 45 to 89 years, who were randomized into 3 age groups. The middle-aged group included 56 people; the elderly group – 54 people; the senile group - 45 people. The processing of the results of the study was carried out in the programs Statistica 10 (StatSoft, USA).

**Results.** According to the data of sonography, atherosclerotic plaques were detected in 62.5% of the middle-aged group, 83.3% of the elderly group and 88.9% of senile age. Heterogeneous hypoechoic and calcified plaques are found only among people who are over 60 years old. Moderate stenosis was observed at the bifurcation of the common carotid artery in all age groups. Pronounced stenosis and critical vascular stenosis in the proximal part of the internal carotid

artery are observed in senile age. The index of the maximum systolic velocity among people with atherosclerosis decreases with age. With increasing age, the level of vascular resistance increases.

**Conclusion.** Considering significant changes in the indicators of atherosclerotic manifestations already in middle age, in order to reduce the increase in population mortality from cardiovascular diseases, the healthcare system should introduce early ultrasound screening of brachiocephalic arteries for patients from 18 years of age.

**Keywords:** cardiovascular diseases; atherosclerosis; atherosclerotic plaque; brachiocephalic arteries

**For citation.** Boreyko A.P., Kulakova T.D., Lukina S.F. Atherosclerotic Changes of Brachiocephalic Arteries in Different Age Groups According to Sonography. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2024, vol. 16, no. 3, pp. 92-113. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-3-853

## Введение

По данным ВОЗ, в современном обществе заболеваемость населения сердечно-сосудистыми заболеваниями занимает одно из первых мест среди значительных проблем не только в мире, но и в России [3, 20]. Несмотря на то, что с каждым годом в нашей стране прослеживается тенденция снижения смертности от сердечно-сосудистых осложнений, данная причина смерти населения остается на первом месте среди других причин [3]. Для предотвращения прироста заболеваемости сердечно-сосудистыми заболеваниями разрабатываются меры профилактики и диагностики населения, в которые входят различные методы исследования, в том числе ультразвуковое сканирование [4, 7].

В качестве контроля здоровья населения в России проходят ежегодные профилактические осмотры и диспансеризации. Исходя из того, что популяция нашей страны предрасположена к очень высокому сердечно-сосудистому риску, целесообразно проводить такой скрининг уже у молодого населения, достигшего 18 лет. Именно в Российской Федерации данные расходы на профилактические мероприятия являются экономически обоснованными, так как это поможет снизить встречаемость сердечно-сосудистых осложнений у населения. Непосредственно определение сердечно-сосудистого риска необходимо проводить, опираясь на данную периодичность: у лиц от 18 до 39 лет – один раз в 3-5 лет, у лиц от 40 и старше – один раз в год. Таким образом, созданные государственные проекты по выявлению факторов риска у практически здоровых лиц старше

40 лет продемонстрировали эффективность относительно их дальнейшего контроля [2, 9].

В практике врача для обнаружения пациентов с высоким сердечно-сосудистым риском используются шкалы, созданные посредством проведения крупномасштабных исследований на базе медицинских учреждений, а также охватывающие традиционные факторы риска сердечно-сосудистых заболеваний. В России на данный момент основной шкалой определения сердечно-сосудистого риска является шкала SCORE (Systematic Coronary Risk Evaluation) [4, 7]. В связи с тем, что SCORE рассчитана на людей с высоким сердечно-сосудистым риском, то категории людей с низким и умеренным сердечно-сосудистыми рисками остаются не полностью обследованными. Так многие исследования подтверждают, что до 70% случаев сердечно-сосудистых заболеваний развиваются у пациентов, имеющих низкий сердечно-сосудистый риск, тем самым данная шкала стратификации не дает полную оценку состояния здоровья человека [7].

Изменение стандартных шкал расчета сердечно-сосудистого риска путем введения в них дополнительных факторов риска не дали значимых успехов в повышении точности прогнозирования [4]. Ультразвуковая визуализация субклинического атеросклероза является перспективной альтернативной методикой, позволяющей оценить суммарный итог воздействия всего разнообразия неблагоприятных факторов в течение жизни пациента в отличие от стандартной шкалы сердечно-сосудистого риска, которая дает оценку на базе ограниченного списка факторов, имеющих в момент обследования [4, 6].

Возможность диагностики атеросклеротического поражения церебральных артерий как одной из основных причин развития нарушения мозгового кровообращения впервые возникла после внедрения в клиническую практику методов ультразвуковой доплерографии и церебральной ангиографии. Ультразвуковая диагностика сосудов является быстрым, простым и чувствительным методом диагностики в данной области [10, 14].

Включение визуализирующих технологий в перечень обязательных исследований для уточнения сердечно-сосудистого риска населения может обеспечить более достоверные данные о состоянии сосудов, тем самым правильно стратифицировать сердечно-сосудистый риск пациента. Так в случае, когда по шкале SCORE у пациента определяли низкий сердечно-сосудистый риск, то, на основании ультразвукового исследования брахиоцефальных артерий, переводили пациента в категорию высокого сердечно-сосудистого риска, так как в сосудах были обнаружены атеросклеротические бляшки [13, 15].

Преимущество дуплексного исследования брахиоцефальных артерий состоит в том, что это дополнительная оценка состояния сердечно-сосудистой системы, а иногда и единственная в случаях, когда кардиоваскулярный риск является низким и атеросклероз течет асимптоматично. Также данный метод является неотъемлемой частью диагностики васкулярных заболеваний головного мозга, так как до 60% ишемических инсультов обусловлены окклюзионно-стенотическим поражением сонных артерий [8, 13, 18].

Использование визуализирующих технологий в целях стратификации сердечно-сосудистого риска и интерпретации уже имеющихся поражений сосудистой системы является основополагающей в развитии профилактической программы для населения [4, 9, 15]. Данные, полученные в процессе ультразвукового сканирования каротидных артерий, имеют значение для организации гериатрической помощи в практическом здравоохранении, так как атеросклеротические изменения сосудов являются одной из причин, приводящих к необратимым последствиям в организме человека, и могут являться причиной возникновения острых кардиоваскулярных событий.

### **Цель исследования**

Оценить клиническое значение ультразвукового исследования в диагностике атеросклеротических изменений брахиоцефальных артерий у лиц разных возрастных групп.

### **Материалы и методы исследования**

Обследовано 155 человек в возрасте от 45 до 89 лет, которые были рандомизированы на 3 группы. Критерием для деления на группы была возрастная периодизация, предложенная Всемирной организацией здравоохранения от 1963 года. В группу среднего возраста вошли 20 мужчин (35,7%) и 36 женщин (64,3%); в группу пожилого возраста – 26 мужчин (48,1%) и 28 женщин (51,9%); в группу старческого возраста – 10 мужчин (22,2%) и 35 женщин (77,8%). Общее число женщин составило 99 человек (63,9%), а мужчин – 56 человек (36,1%). Критерием исключения являлось тяжелое состояние пациента на момент исследования (в том числе аритмия). Обследование проводилось с соблюдением норм и правил биомедицинской этики, утвержденных Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации об этических принципах проведения медицинских исследований (2013). На проведение исследования получено разрешение этической комиссии Института физиологии природных адаптаций ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН (протокол № 9 от 31 марта 2022 г).

Оценка состояния экстракраниального отдела брахиоцефальных артерий проводилась методом сонографии. Исследование проводилось при помощи диагностической ультразвуковой системы ACUSON S2000 компании Siemens (США) с использованием линейного и конвексного матричных датчиков с частотой 5-17 МГц и 2-5 МГц соответственно. Применяли двумерный, импульсно-волновой режимы и цветное доплеровское картирование.

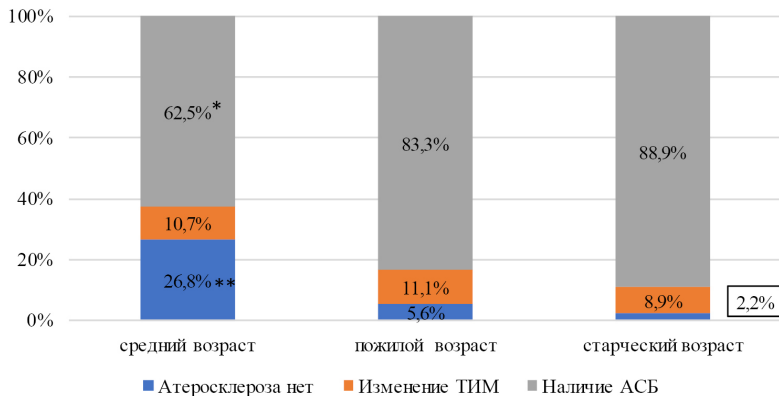
Результаты исследования обработаны с использованием пакета прикладных программ Statistica 10 (StatSoft, USA). Для проверки на нормальность распределения выборки использовали критерий Пирсона и критерий Колмогорова-Смирнова. Полученные выборки не подчинялись закону нормального распределения. Так как в исследовании сравнивались три выборки, для анализа использовался непараметрический критерий Краскала-Уоллиса. При выявлении наличия или отсутствия половых различий внутри выборки применяли непараметрический U-критерий Манна-Уитни. Описание выборки представлено в виде медиан (Me) и 25- и 75-перцентелей Me (25p-75p). Также в качестве разведочного анализа использовали анализ частот данных с последующим сравнением признаков путем сравнения двух пропорций. Статистически надежными считались различия при  $p < 0,05$ .

### **Результаты исследования и обсуждение**

Результаты исследования показали, что атеросклеротические бляшки в брахиоцефальных артериях встречаются статистически чаще у группы лиц пожилого и старческого возрастов в сравнении с людьми среднего возраста ( $p < 0,05$ ) (рисунок 1).

Частота увеличения толщины комплекса интима-медиа без формирования атеросклеротических бляшек во всех исследуемых группах не имеет статистически значимых различий ( $p > 0,05$ ). На сегодняшний день на основе Европейских рекомендаций по профилактике сердечно-сосудистых заболеваний в клинической практике 2016 г. измерение толщины комплекса интимы-медиа общей сонной артерии не является целесообразным в целях рестратификации кардиоваскулярного риска, так как нет точной методики определения данного параметра, а также он имеет малую значимость в прогнозировании сердечно-сосудистого риска [2]. Исследование Национального института здравоохранения США показало, что одновременный учет толщины комплекса интима-медиа и атеросклеротической бляшки дает более достоверную оценку для последующего прогнозиро-

вания кардиоваскулярного риска в отличие от тех моментов, когда данные параметры оценивали отдельно друг от друга. Таким образом, полный отказ от измерения толщины комплекса интима-медиа не является оправданным [5, 15, 16].



ТИМ – толщина интима-медиа; АСБ – атеросклеротическая бляшка

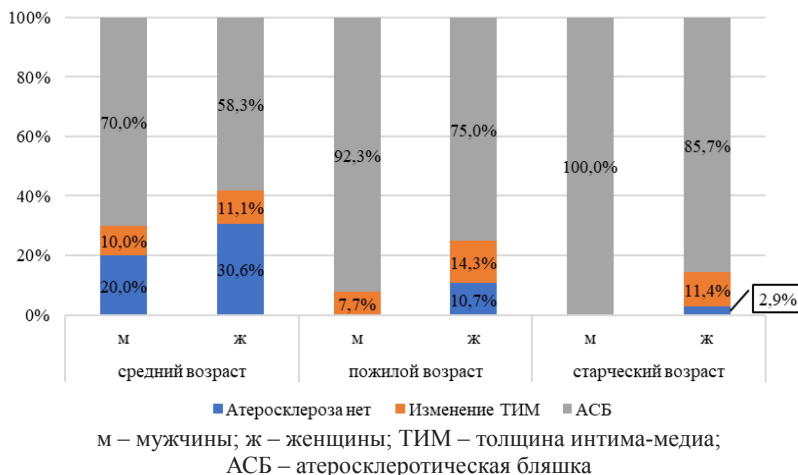
**Рис. 1.** Состояние артериальной стенки брахиоцефальных артерий у разных возрастных групп

Примечание: \* – уровень значимости различий показателя по отношению к другим возрастным группам  $p < 0,05$ ; \*\* – уровень значимости различий показателя по отношению к другим возрастным группам  $p < 0,01$

Здоровая, неизменная сосудистая стенка брахиоцефальных артерий визуализировалась у 26,8% лиц среднего, 5,6% – пожилого и 2,2% – старческого возраста, что указывает на то, что есть возрастной порог, когда практически у каждого исследуемого старше 60 лет были обнаружены атеросклеротические изменения в брахиоцефальных артериях ( $p < 0,01$ ). Это связано с тем, что нагрузка на организм со стороны факторов, влияющих на структурно-функциональные особенности стенки артерии, очень велика в данном возрасте. С увеличением календарного возраста человека возрастает вероятность обнаружения атеросклеротических изменений в сосудах, что говорит о росте восприимчивости стенки артерий к атерогенным изменениям.

Известно, что мужской пол считается одним из отягощающих факторов развития атеросклероза [1, 5, 19]. Наши данные не показали значимых отличий в данных у мужчин и женщин ( $p > 0,08$ ). Однако наблюдается тенденция, так у мужчин частота выявления атеросклеротических изме-

нений выше, чем у женщин, причем данный факт прослеживается во всех возрастных группах. Также с увеличением возраста растет частота обнаружения атеросклеротических бляшек (рисунок 2).



**Рис. 2.** Состояние артериальной стенки брахиоцефальных артерий у разных возрастных групп и пола

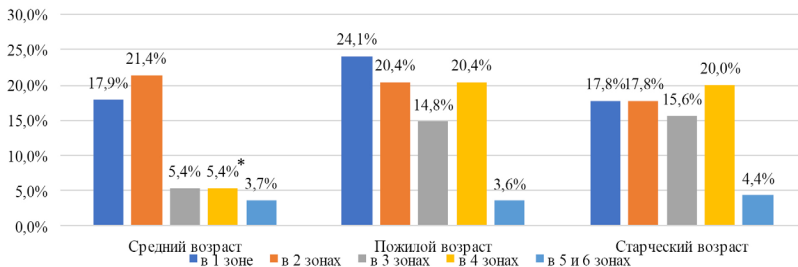
Одной из причин раннего развития атеросклероза у мужчин может быть отсутствие протективного влияния эстрогенов, а также снижения уровня тестостерона, оказывающих антиатеросклеротическое воздействие на организм. Женский организм вырабатывает эстрогены до момента наступления менопаузы (до 45-50 лет), после которой происходит снижение гормона, что приводит к резкому повышению риска образования атеросклеротических изменений в артериях, и приблизительно к 65-70 годам разница в частоте встречаемости атеросклероза среди двух полов практически сглаживается [21].

Локализация атеросклеротических бляшек стандартна во всех возрастных группах, в основном, они располагались в области бифуркации общей сонной артерии и в устье внутренней сонной артерии, так как эти зоны повышенной турбулентности кровотока за счет низкого напряжения сдвига стенки и разделения потока. В области средней трети общей сонной артерии атеросклеротические бляшки визуализировались значительно реже.

В рамках исследования была подсчитана частота одновременного поражения атеросклеротическими бляшками нескольких зон сосудистого бас-



сейна у каждого обследуемого (рисунок 3). Таких зон поражения было шесть, по три зоны с каждой стороны, выделяли среднюю треть и бифуркацию общей сонной артерии, проксимальный отдел внутренней сонной артерии.



**Рис. 3.** Одновременная локализация атеросклеротических бляшек в брахиоцефальных артериях

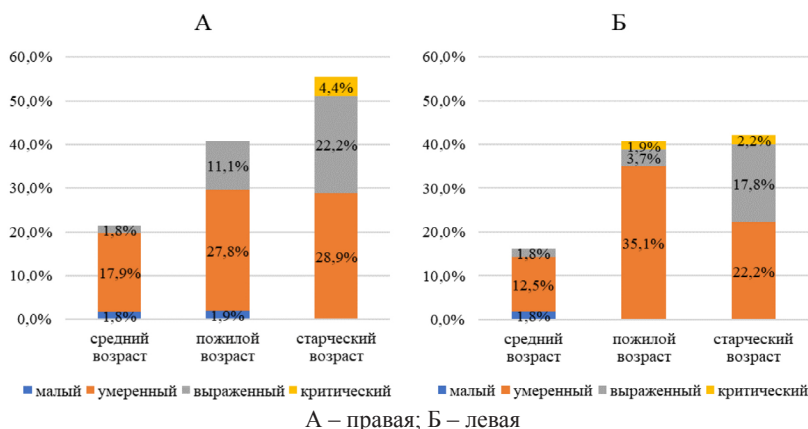
Примечание: \* – уровень значимости различий показателя по отношению к другим возрастным группам  $p < 0,05$

В средней возрастной группе основная локализация атеросклеротических бляшек была в одной или двух зонах каротидного бассейна одновременно (17,9 и 21,4% соответственно). У лиц пожилого и старческого возрастов в равной степени визуализировались сочетание поврежденных артерий бляшками от одной до четырех зон. У лиц средней возрастной группы поражение атеросклеротическими бляшками четырех зон одновременно статистически значимо ниже, чем у других возрастных групп ( $p < 0,05$ ). В каждой возрастной группе были выявлены атеросклеротические бляшки сразу в пяти и шести зонах. Повышенное образование атеросклеротических бляшек у лиц старше 60 лет связано со стойким снижением продукции биодоступного оксида азота, что дает толчок для развития эндотелиальной дисфункции, воспаления внутри стенки артерии, образования атероматозных изменений.

Определение степени стеноза является важным показателем при определении гемодинамических изменений вследствие появления атеросклеротических поражений стенки артерий. В данной оценке стеноза использовался метод измерения ECST (соотношение диаметра сосуда в месте локализации атеросклеротической бляшки к диаметру свободного просвета этого сосуда в этой же зоне). Наши данные показали, что в области бифуркации общей сонной артерии отмечается статистически значимое увеличение стенозирования сосудов с возрастом ( $p < 0,05$ ). В области

правой общей сонной артерии у лиц среднего возраста умеренный стеноз встречается в 20,4%, пожилого – 36,9%, старческого – 42,0%. В области левой общей сонной артерии у лиц среднего возраста умеренный стеноз встречается в 26,8%, пожилого – 35,2%, старческого – 40,0%. Данный тип сужения свободного просвета артерии не является гемодинамически значимым, но требует контроля и медикаментозной корректировки. Кроме того, в области левой сонной артерии выявлены случаи выраженного стеноза в 1,8 % в среднем возрасте, 3,7 в пожилом возрасте и в 8,9% в старческом возрасте. Таких пациентов необходимо направлять на консультацию в хирургическое отделение для принятия решения по удалению атеросклеротической бляшки.

В проксимальном отделе внутренней сонной артерии у лиц старшей возрастной группы (пожилого и старческого возрастов) наблюдается редкие случаи критического стенозирования сосуда (рисунок 4). Это говорит о важности проведения хирургического вмешательства в целях устранения препятствия на пути току крови, а также предотвращения развития возможного острого кардиоваскулярного события (инсульта).



**Рис. 4.** Степень выраженности стеноза проксимального отдела внутренних сонных артерий

Примечание: \*\* – уровень значимости различий показателя по отношению к другим возрастным группам  $p < 0,01$

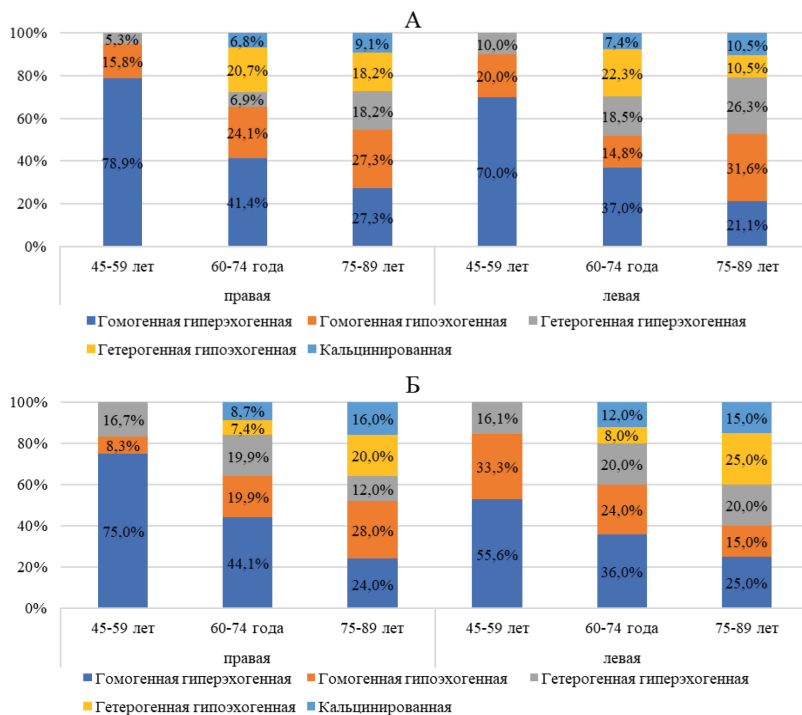
Частота поражения проксимального отдела внутренней сонной артерии атеросклерозом у лиц 45-59 лет статистически значимо меньше, чем у лиц старше 60 лет ( $p < 0,01$ ). Частота развития выраженного стеноза в правой

внутренней сонной артерии увеличивается с ростом календарного возраста пациента ( $p < 0,05$ ). Критический стеноз правой внутренней сонной артерии (стеноз 70-99%) визуализировали только у пациентов старческого возраста (4,4%). Встречаемость атеросклеротических бляшек в левой внутренней артерии у пожилого и старческого возрастов примерно одинакова, но по степени стенозирования этой артерии данные отличаются: у пожилых лиц умеренный стеноз составляет 35,1% случаев, выраженный – 3,7%, у лиц старческого возраста 22,2% и 17,8% соответственно. Это может говорить о том, что атеросклеротический процесс в старческом возрасте прогрессирует, происходит хронизация процесса, которая отягощает жизнь пациенту за счет меньшего поступления крови, а с ней и питательных веществ к головному мозгу из-за гемодинамически значимого препятствия в просвете сосуда. Стоит отметить, что у лиц 45-59 лет поражение атеросклеротическими бляшками проксимальной части внутренней сонной артерии происходит реже, чем области бифуркации общей сонной артерии ( $p < 0,05$ ), у лиц старше 60 лет обе зоны поражены атеросклеротическими бляшками в равной степени.

Структура бляшки определяет течение атеросклеротического процесса. В нашем исследовании были выделены пять видов атеросклеротических бляшек, отличных по структуре и экзогенности: гомогенная гиперэкзогенная, гомогенная гипозэкзогенная, гетерогенная гиперэкзогенная, гетерогенная гипозэкзогенная, кальцинированная. У лиц 45-59 лет в зоне бифуркации общей сонной артерии преобладают гомогенные гиперэкзогенные бляшки, которые являются стабильными, имеют ровный контур и четко выраженную покрышку. Также наблюдается снижение частоты встречаемости данной бляшки с увеличением возраста ( $p < 0,05$ ) как в зоне бифуркации общей сонной артерии, так и в проксимальной области внутренней сонной артерии (рисунки 5).

Бляшки, имеющие гомогенную гипозэкзогенную и гетерогенную гиперэкзогенную структуры, не поддаются какой-либо закономерности, их частота встречаемости разная среди групп, можно считать, что эти виды бляшек имеют похожую структуру, только отличаются наличием вкраплениями солей кальция в гетерогенной гиперэкзогенной бляшке [11]. Гетерогенные гипозэкзогенные и кальцинированные бляшки встречаются только у лиц старше 60 лет. Первые имеют неравномерный контур с местами разрыва фиброзной оболочки, а также признаками изъязвления. Вторые же бляшки накапливают большое количество солей кальция, тем самым при исследовании создают акустическую тень, не давая оценить экоструктуру бляш-

ки, такая бляшка является нестабильной, отрываясь или повреждаясь, ее эмболы, передвигаясь с током крови, могут создать непроходимость артерий головного мозга, тем самым вызвать инсульт [17]. Наличие таких бляшек говорит о хронизации процесса атеросклероза, об его тяжелом течении и о повышении риска развития острого кардиоваскулярного события в будущем.



А – в области бифуркации общей сонной артерии;

Б – в проксимальном отделе внутренней сонной артерии

**Рис. 5.** Разновидности атеросклеротических бляшек

Примечание: \* – уровень значимости различий показателя по отношению к другим возрастным группам  $p < 0,05$

Измерение диаметра позвоночной артерии применяется для анализа способности данной артерии обеспечивать должным объемом крови задние отделы мозга. При исследовании наблюдалась односторонняя асимметрия позвоночных артерий при малом диаметре, гипоплазии или

окклюзии одной из артерий, об этом свидетельствовало увеличение скорости кровотока в противоположной позвоночной артерии. Диаметр позвоночной артерии, соответствующий норме (3 мм и более), визуализировался справа в 76,8%, 74,1%, 71,1% случаев, слева в 82,1%, 80,0%, 80,0% случаев у лиц 45-59 лет, 60-74 лет, 75-89 лет соответственно ( $p < 0,05$ ). Во всех возрастных группах окклюзия позвоночной артерии сопровождалась наличием участков атеросклероза в других областях брахиоцефальных артерий (в общей или внутренней сонных артериях), что объясняет причину непроходимости этой артерии. При обнаружении артерий малого диаметра или гипоплазии артерии свидетельствовало о врожденной аномалии развития сосудов, так как в данном случае не было обнаружено атерогенных поражений в брахиоцефальных артериях [12].

Таблица 1.

**Максимальная систолическая скорость в брахиоцефальных артериях**

Название артерии		Максимальная систолическая скорость кровотока, см/с			Достигнутый уровень значимости, p
		Средний возраст Me (Q1;Q3)	Пожилой возраст Me (Q1;Q3)	Старческий возраст Me (Q1;Q3)	
Общая сонная артерия	правая	75 (69;83)	70 (60;80)	66 (56;78)	<0,001***
	левая	77 (69;87)	72 (60;85)	65 (55;70)	<0,001***
Внутренняя сонная артерия	правая	82 (71;90)	80 (70;90)	71 (61;80)	0,004**
	левая	83 (71;92)	75 (67;83)	73 (64;82)	0,009**
Позвоночная артерия	правая	44 (33;52)	43 (38;51)	42 (35;50)	0,598
	левая	46 (40;52)	44 (38;52)	42 (35;50)	0,656

Примечание: \*\* – уровень значимости различий показателя по отношению к другим возрастным группам  $p < 0,01$ ; \*\*\* – уровень значимости различий показателя по отношению к другим возрастным группам  $p < 0,001$

Измерение скоростных характеристик, а также уровня сопротивления сосудистой стенки входит в стандартное исследование брахиоцефальных артерий. На основе этих данных делается заключение о гемодинамике сосудистого русла. В ходе исследования были измерены максимальные систолические скорости в средних третях общей сонной артерии и внутренней сонной артерии, а также в просветах позвоночных артерий (таблица 1). Максимальная систолическая скорость в общей и внутренней сонных артериях статистически значимо изменялись ( $p < 0,001$  и  $p < 0,01$  соответственно): снижение максимальной систолической скорости происходило с увеличением календарного возраста пациента (средний показа-

тель изменялся в общей сонной артерии – от 77 до 65 см/с, во внутренней сонной артерии – от 83 до 71 см/с). При измерении данного показателя в просветах позвоночных артерий среди всех возрастных групп не обнаружено статистически значимых отличий, в данной локализации средний показатель максимальной систолической скорости находился в пределах 42-46 см/с.

Индекс Пурсело (индекс сосудистого сопротивления) измерялся в тех же зонах, что и максимальная систолическая скорость, и во всех случаях имеет статистически значимое отличие, так с увеличением возраста обследуемого возрастало значение индекса резистентности ( $p < 0,001$ ). Показатель в области средней трети общей сонной артерии изменялся относительно возраста в пределах 0,76-0,83, в средней трети внутренней сонной артерии – 0,60-0,70, в позвоночной артерии – 0,66-0,73.

Таблица 2.

**Индекс резистентности в брахиоцефальных артериях**

Название артерии		Индекс резистентности			Достигнутый уровень значимости, p
		Средний возраст Me (Q1;Q3)	Пожилой возраст Me (Q1;Q3)	Старческий возраст Me (Q1;Q3)	
Общая сонная артерия	правая	0,76 (0,73;0,79)	0,80 (0,74;0,83)	0,82 (0,80;0,85)	<0,001***
	левая	0,76 (0,73;0,80)	0,80 (0,76;0,84)	0,83 (0,80;0,86)	<0,001***
Внутренняя сонная артерия	правая	0,60 (0,56;0,63)	0,63 (0,60;0,67)	0,70 (0,66;0,72)	<0,001***
	левая	0,60 (0,56;0,63)	0,62 (0,58;0,67)	0,70 (0,67;0,72)	<0,001***
Позвоночная артерия	правая	0,67 (0,65;0,70)	0,70 (0,66;0,74)	0,73 (0,69;0,77)	<0,001***
	левая	0,66 (0,63;0,68)	0,69 (0,65;0,72)	0,73 (0,68;0,78)	<0,001***

Примечание: \*\*\* – уровень значимости различий показателя по отношению к другим возрастным группам  $p < 0,001$

Изменение максимальной систолической скорости и индекса Пурсело напрямую зависят от состояния сосудистой стенки. Старение стенки сосуда, влияние факторов, повреждающих стенки артерий, сопровождается утолщением стенки, повышением ее жесткости, снижением ее эластичности, развитием пристеночное сопротивление нормальному току крови.

Наличие атеросклеротических бляшек вызывает турбулентные потоки, замедляющие кровоток в центре сосуда. Соответственно, чем больше структурных изменений в стенках артерий, тем большее сопротивление они оказывают кровотоку, поэтому снижаются скоростные показатели и повышается индекс резистентности.

### **Заключение**

Система современного здравоохранения развивается в сфере профилактики, одно из направлений которой работает над снижением заболеваемости сердечно-сосудистыми заболеваниями и предотвращением смертности от них. При помощи визуализирующих технологий данный процесс приведет к диагностированию ранних патологий сердечно-сосудистой системы, которые при помощи традиционных методов (анализ крови, оценка факторов риска) могут быть не выявлены.

Дуплексное сканирование артерий каротидного бассейна оказывает значимое диагностическое влияние на дальнейшее ведение пациента с патологией сосудистой стенки. Также данные сонографии и доплерографии являются одними из основополагающих в работе сосудистого хирурга, так как по ним уже принимается решение об оперативном вмешательстве в случаях выраженного стенооокклюзирующего поражения сосудов.

С процессом старения происходит развитие и хронизация атеросклеротического процесса. В возрасте 45-59 лет атеросклеротические бляшки, в основном, локализируются в одной или двух областях каротидного бассейна одновременно, когда после 60 лет количество этих областей одновременно поражения артерий увеличивается. При поражении области бифуркации общей сонной артерии и проксимального отдела внутренней сонной артерии атеросклерозом прослеживается тенденция к развитию более отягощающего стеноза, с выраженным течением данного процесса во внутренней сонной артерии. Атеросклеротическая бляшка с течением возраста проходит этапы изменения ее структуры, превращаясь из фиброзной бляшки в кальцинированную или бляшку с признаками ее изъязвления. Встречаемые окклюзии позвоночных артерий во всех возрастных группах связаны с протеканием атеросклеротического процесса в других сосудах брахиоцефальных артерий. С увеличением календарного возраста происходит снижение максимальной систолической скорости кровотока в общей и внутренней сонных артериях, а также увеличение в них индекса резистентности. В позвоночных артериях наблюдается только повышение индекса резистентности с процессом старения организма.

Для снижения роста смертности населения от инсультов и других заболеваний, причиной которых являются атеросклеротические изменения сосудистой стенки, система здравоохранения должна ввести профилактические меры, в основе которых лежит ранний ультразвуковой скрининг брахиоцефальных артерий для пациентов с 18 лет.

**Заключение комитета по этике.** Исследование было проведено в соответствии с принципами положения Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (Declaration of Helsinki, and approved by the Institutional Review Board). На проведение исследования получено разрешение этической комиссии Института физиологии природных адаптаций ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН (протокол № 9 от 31 марта 2022 г.).

**Информированное согласие.** Информированное согласие было получено от всех субъектов, участвовавших в исследовании.

**Информация о конфликте интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Информация о спонсорстве.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

### *Список литературы*

1. Бовтюшко П.В., Гришаев С.Л., Филиппов А.Е. Атеросклеротическая бляшка в регионарных сосудистых бассейнах общей сонной и бедренной артерий как маркер субклинического атеросклероза // Фундаментальные исследования. 2012. Т. 8, № 2. С. 285-288.
2. Бойцов С.А., Погосова Н.В., Аншелес А.А. Кардиоваскулярная профилактика 2022. Российские национальные рекомендации // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2022. Т. 23, № 6. С. 7-364.
3. Глушенко В.А., Иркиенко Е.К. Сердечно-сосудистая заболеваемость – одна из важнейших проблем здравоохранения // Медицина и организация здравоохранения. 2019. Т. 4., № 1. С. 56-63.
4. Головина А.Е., Катамадзе Н.О., Бондарева Е.Б. и др. Роль ультразвуковой визуализации субклинического атеросклероза сонных артерий в прогнозировании сердечно-сосудистого риска в рамках первичной кардиоваскулярной профилактики // Атеросклероз и дислипидемии. 2017. № 1. С. 5-14.
5. Ершова А.И., Балахонова Т.В., Мешков А.Н. и др. Распространенность атеросклероза сонных и бедренных артерий среди населения Ивановской



- области: исследование АТЕРОГЕН-Иваново // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2021. Т. 20., № 5. С. 262-270.
6. Ершова А.И., Бойцов С.А., Драпкина О.М. и др. Ультразвуковые маркеры доклинического атеросклероза сонных и бедренных артерий в оценке сердечно-сосудистого риска // Российский кардиологический журнал. 2018. Т. 23, № 8. С. 92-98.
  7. Кухарчук В.В., Ежов М.В., Сергиенко И.В. и др. Клинические рекомендации Евразийской ассоциации кардиологов (ЕАК)/ Национального общества по изучению атеросклероза (НОА) по диагностике и коррекции нарушений липидного обмена с целью профилактики и лечения атеросклероза (2020) // Евразийский кардиологический журнал. 2020. № 2. С. 6-29.
  8. Лелюк В.Г., Лелюк С.Э. Организация и обеспечение ультразвуковых исследований в системе оказания медицинской помощи пациентам с инсультом в Российской Федерации // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2015. № 4. С. 46-56.
  9. Сороковикова Т.В., Морозов А.М., Жуков С.В. и др. Роль неинвазивных методов исследования в современной клинической практике // Современные проблемы науки и образования. 2022. № 2. С. 137-143.
  10. Стражеско И.Д., Ткачева О.Н., Акашева Д.У. Взаимосвязь между различными структурно-функциональными характеристиками состояния артериальной стенки и традиционными факторами кардиоваскулярного риска у здоровых людей разного возраста // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. 2016. Т. 12., № 3. С.118-128.
  11. Baradaran H., Gupta A. Extracranial Vascular Disease: Carotid Stenosis and Plaque Imaging // Neuroimaging Clinics of North America, 2021, vol. 31, no. 2, pp. 157-166. <https://doi.org/10.1016/j.nic.2021.02.002>
  12. Compagne K.C.J., van Es A.CGM, Berkhemer O.A et al. Prevalence of Carotid Web in Patients with Acute Intracranial Stroke Due to Intracranial Large Vessel Occlusion // Radiology, 2018, vol. 286, no. 3, pp. 1000-1007. <https://doi.org/10.1148/radiol.2017170094>
  13. Giannoukas A.D., Chabok M., Spanos K., Nikolaides A. Screening for Asymptomatic Carotid Plaques with Ultrasound // European Journal of Vascular and Endovascular Surgery, 2016, vol. 52, no. 3, pp. 309-312. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2016.04.013>
  14. Madycki G., Gabriel M., Hawro P., Pawlaczyk K., Kuczmik W., Urbanek T. Duplex Doppler ultrasound examination of carotid and vertebral arteries: guidelines of the Polish Society for Vascular Surgery // Kardiologia Polska, 2014, vol. 72, no. 3, pp. 288-309. <https://doi.org/10.5603/KP.2014.0059>

15. Nezu T., Hosomi N. Usefulness of Carotid Ultrasonography for Risk Stratification of Cerebral and Cardiovascular Disease // *Journal of Atherosclerosis and Thrombosis*, 2020, vol. 27, no. 10, pp. 1023-1035. <https://doi.org/10.5551/jat.RV17044>
16. Nezu T., Hosomi N., Aoki S., Matsumoto M. Carotid Intima-Media Thickness for Atherosclerosis // *Journal of Atherosclerosis and Thrombosis*, 2016, vol. 23, no. 1, pp. 18-31. <https://doi.org/10.5551/jat.31989>
17. Spence JD., Eliasziw M., DiCicco M., Hackam D.G., Galil R., Lohmann T. Carotid plaque area: a tool for targeting and evaluating vascular preventive therapy // *Stroke*, 2022, vol. 33, no. 12, pp. 2916-2922. <https://doi.org/10.1161/01.str.0000042207.16156.b9>
18. Tang Y., Wang M., Wu T. et al. The role of carotid stenosis ultrasound scale in the prediction of ischemic stroke // *Neurological Sciences*, 2020, vol. 41, no. 5, pp. 1193-1199. <https://doi.org/10.1007/s10072-019-04204-8>
19. Tesaro M., Mauriello A., Rovella V., Annicchiarico-Petruzzelli M., Cardillo C., Melino G., Daniele ND. Arterial ageing: from endothelial dysfunction to vascular calcification // *Journal of Internal Medicine*, 2017, vol. 281, no. 5, pp. 471-482. <https://doi.org/10.1111/joim.12605>
20. Tsao C.W., Aday A.W., Almarzooq Z.I. et al. Heart Disease and Stroke Statistics-2023 Update: A Report From the American Heart Association // *Circulation*, 2023, vol. 147, no. 8, pp. 93-221. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001123>
21. van Dam-Nolen DHK., van Egmond N.C.M., Koudstaal P.J., van der Lugt A., Bos D. Sex Differences in Carotid Atherosclerosis: A Systematic Review and Meta-Analysis // *European Stroke*, 2023, vol. 54, no. 2, pp. 315-326. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.122.041046>

### References

1. Bovtyushko P.V., Grishaev S.L., Filippov A.E. Ateroskleroticheskaja bljashka v regionarnyh sosudistyh bassejnah obshhej sonnoj i bedrennoj arterij kak markjor subklinicheskogo ateroskleroza [Atherosclerotic plaque in the regional vascular areas of the common carotid and femoral arteries as a marker of subclinical atherosclerosis]. *Fundamental'nye issledovanija* [Fundamental Research], 2012, vol. 8, no. 2, pp. 285-288.
2. Bojcov S.A., Pogosova N.V., Ansheles A.A. Kardiovaskuljarnaja profilaktika 2022. Rossijskie nacional'nye rekomendacii [Cardiovascular prevention 2022. Russian national recommendations]. *Kardiovaskuljarnaja terapija i profilaktika* [Cardiovascular therapy and prevention], 2022, vol. 23, no. 6, pp. 7-364.

3. Glushhenko V.A., Irklienko E.K. Serdechno-sosudistaja zaboлеваemost' – odna iz vazhnejshih problem zdravoohranenija [Cardiovascular morbidity is one of the most important healthcare problems]. *Medicina i organizacija zdravoohranenija* [Medicine and healthcare organization], 2019, vol. 4, no. 1, pp. 56-63.
4. Golovina A.E., Katamadze N.O., Bondareva E.B. et al. Rol' ul'trazvukovoj vizualizacii subklinicheskogo ateroskleroza sonnyh arterij v prognozirovanii serdechno-sosudistogo riska v ramkah pervichnoj kardiovaskuljarnoj profilaktiki [The role of ultrasound imaging of subclinical atherosclerosis of the carotid arteries in predicting cardiovascular risk in the framework of primary cardiovascular prevention]. *Ateroskleroz i dislipidemii* [Atherosclerosis and dyslipidemia], 2017, no. 1, pp. 5-14.
5. Ershova A.I., Balahonova T.V., Meshkov A.N. et al. Rasprostranennost' ateroskleroza sonnyh i bedrennyh arterij sredi naselenija Ivanovskoj oblasti: issledovanie ATEROGEN-Ivanovo [Prevalence of atherosclerosis of the carotid and femoral arteries among the population of the Ivanovo region: the ATHEROGEN-Ivanovo study]. *Kardiovaskuljarnaja terapija i profilaktika* [Cardiovascular Therapy and Prevention], 2021, vol. 20, no. 5, pp. 262-270.
6. Ershova A.I., Boytsov S.A., Drapkina O.M. et al. Ul'trazvukovye markery doklinicheskogo ateroskleroza sonnyh i bedrennyh arterij v ocenke serdechno-sosudistogo riska [Ultrasound markers of preclinical atherosclerosis of the carotid and femoral arteries in assessing cardiovascular risk]. *Rossijskij kardiologicheskij zhurnal* [Russian Journal of Cardiology], 2018, vol. 23, no. 8, pp. 92-98.
7. Kukharchuk V.V., Ezhov M.V., Sergienko I.V. et al. Klinicheskie rekomendacii Evrazijskoj asociacii kardiologov (EAK)/ Nacional'nogo obshhestva po izucheniju ateroskleroza (NOA) po diagnostike i korekcii narushenij lipidnogo obmena s cel'ju profilaktiki i lechenija ateroskleroza (2020) [Clinical recommendations of the Eurasian Association of Cardiologists (EAC) / National Society for the Study of Atherosclerosis (NOA) for the diagnosis and correction of lipid metabolism disorders for the prevention and treatment of atherosclerosis (2020)]. *Evrazijskij kardiologicheskij zhurnal* [Eurasian Journal of Cardiology], 2020, no. 2, pp. 6-29.
8. Lelyuk V.G., Lelyuk S.E. Organizacija i obespechenie ul'trazvukovyh issledovanij v sisteme okazanija medicinskoj pomoshhi pacientam s insul'tom v Rossijskoj Federacii [Organization and provision of ultrasound examinations in the system of providing medical care to patients with stroke in the Russian Federation]. *Ul'trazvukovaja i funkcional'naja diagnostika* [Ultrasound and functional diagnostics], 2015, no. 4, pp. 46-56.

9. Sorokovikova T.V., Morozov A.M., Zhukov S.V. et al. Rol' neinvazivnyh metodov issledovanija v sovremennoj klinicheskoj praktike [The role of non-invasive research methods in modern clinical practice]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija* [Modern problems of science and education], 2022, no. 2, pp. 137-143.
10. Strazhesko I.D., Tkacheva O.N., Akasheva D.U. Vzaimosvjaz' mezhdru razlichnymi strukturno-funkcional'nymi harakteristikami sostojanija arterial'noj stenki i tradicionnymi faktorami kardiovaskuljarnogo riska u zdorovyh ljudej raznogo vozrasta [The relationship between various structural and functional characteristics of the state of the arterial wall and traditional cardiovascular risk factors in healthy people of different ages]. *Racional'naja farmakoterapija v kardiologii* [Rational pharmacotherapy in cardiology], 2016, vol. 12, no. 3, pp.118-128.
11. Baradaran H., Gupta A. Extracranial Vascular Disease: Carotid Stenosis and Plaque Imaging. *Neuroimaging Clinics of North America*, 2021, vol. 31, no. 2, pp. 157-166. <https://doi.org/10.1016/j.nic.2021.02.002>
12. Compagne K.C.J., van Es A.CGM, Berkhemer O.A et al. Prevalence of Carotid Web in Patients with Acute Intracranial Stroke Due to Intracranial Large Vessel Occlusion. *Radiology*, 2018, vol. 286, no. 3, pp. 1000-1007. <https://doi.org/10.1148/radiol.2017170094>
13. Giannoukas A.D., Chabok M., Spanos K., Nikolaidis A. Screening for Asymptomatic Carotid Plaques with Ultrasound. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, 2016, vol. 52, no. 3, pp. 309-312. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2016.04.013>
14. Madycki G., Gabriel M., Hawro P., Pawlaczyk K., Kuczmik W., Urbanek T. Duplex Doppler ultrasound examination of carotid and vertebral arteries: guidelines of the Polish Society for Vascular Surgery. *Kardiologia Polska*, 2014, vol. 72, no. 3, pp. 288-309. <https://doi.org/10.5603/KP.2014.0059>
15. Nezu T., Hosomi N. Usefulness of Carotid Ultrasonography for Risk Stratification of Cerebral and Cardiovascular Disease. *Journal of Atherosclerosis and Thrombosis*, 2020, vol. 27, no. 10, pp. 1023-1035. <https://doi.org/10.5551/jat.RV17044>
16. Nezu T., Hosomi N., Aoki S., Matsumoto M. Carotid Intima-Media Thickness for Atherosclerosis. *Journal of Atherosclerosis and Thrombosis*, 2016, vol. 23, no. 1, pp. 18-31. <https://doi.org/10.5551/jat.31989>
17. Spence JD., Eliasziw M., DiCicco M., Hackam D.G., Galil R., Lohmann T. Carotid plaque area: a tool for targeting and evaluating vascular preventive therapy. *Stroke*, 2022, vol. 33, no. 12, pp. 2916-2922. <https://doi.org/10.1161/01.str.0000042207.16156.b9>

18. Tang Y., Wang M., Wu T. et al. The role of carotid stenosis ultrasound scale in the prediction of ischemic stroke. *Neurological Sciences*, 2020, vol. 41, no. 5, pp. 1193-1199. <https://doi.org/10.1007/s10072-019-04204-8>
19. Tesaro M., Mauriello A., Rovella V., Annicchiarico-Petruzzelli M., Cardillo C., Melino G., Daniele ND. Arterial ageing: from endothelial dysfunction to vascular calcification. *Journal of Internal Medicine*, 2017, vol. 281, no. 5, pp. 471-482. <https://doi.org/10.1111/joim.12605>
20. Tsao C.W., Aday A.W., Almarzooq Z.I. et. al. Heart Disease and Stroke Statistics-2023 Update: A Report From the American Heart Association. *Circulation*, 2023, vol. 147, no. 8, pp. 93-221. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001123>
21. van Dam-Nolen DHK., van Egmond N.CM, Koudstaal P.J, van der Lugt A., Bos D. Sex Differences in Carotid Atherosclerosis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *European Stroke*, 2023, vol. 54, no. 2, pp. 315-326. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.122.04104>

### **ВКЛАД АВТОРОВ**

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку статьи для публикации.

### **AUTHOR CONTRIBUTIONS**

The authors contributed equally to this article.

### **ДАнные ОБ АВТОРАХ**

**Борейко Анна Павловна**, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии человека и биотехнических систем

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова»*

*набережная Северной Двины, 17, г. Архангельск, 163002, Российская Федерация*

*[a.repina@narfu.ru](mailto:a.repina@narfu.ru)*

**Кулакова Таисия Дмитриевна**, врач-ординатор ультразвуковой диагностики

*Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова» Минздрава России*

*ул. Аккуратова, 2, г. Санкт-Петербург, 197341, Российская Федерация  
taisiya\_nikitina\_99@mail.ru*

**Лукина Светлана Федоровна**, кандидат педагогических наук, доцент кафедры биологии человека и биотехнических систем  
*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова»  
набережная Северной Двины, 17, г. Архангельск, 163002, Российская Федерация  
s.lukina@narfu.ru*

#### **DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Anna P. Boreyko**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Human Biology and Biotechnical Systems  
*Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov  
17d, Northern Dvina embankment, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation  
a.repina@narfu.ru  
SPIN-code: 3601-2413  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1578-4333>  
ResearcherID: JGE-0665-2023*

**Taisiya D. Kulakova**, Resident Physician of Ultrasound Diagnostics  
*National Medical Research Center named after V.A. Almazova  
2d, Akkuratova Str., St. Petersburg, 197341, Russian Federation  
taisiya\_nikitina\_99@mail.ru  
SPIN-code: 3182-6418  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-8175-8069>*

**Svetlana F. Lukina**, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Human Biology and Biotechnical Systems  
*Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov  
17d, Northern Dvina embankment, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation  
s.lukina@narfu.ru*

Поступила 01.11.2023

После рецензирования 25.11.2023

Принята 10.12.2023

Received 01.11.2023

Revised 25.11.2023

Accepted 10.12.2023