

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ ЛОКАЛЬНЫХ ГЕМОДИНАМИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫХ ДЕФОРМАЦИЙ СОННЫХ АРТЕРИЙ: ОДНОМОМЕНТНОЕ НАБЛЮДАТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

А.В. Поморцев¹, К.А. Багдасарян^{1,2,*}

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации
ул. им. Митрофана Седина, д. 4, г. Краснодар, 350063, Россия

² Государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Городская поликлиника города-курорта Геленджик» Министерства здравоохранения Краснодарского края
ул. Кирова, д. 20, г. Геленджик, 353475, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Несмотря на многочисленные исследования, до сих пор нет единого мнения по поводу удельного веса тех или иных ультразвуковых параметров при оценке локальных гемодинамически значимых деформаций сонных артерий.

Цель исследования — определение диагностической ценности дополнительного параметра локальных гемодинамически значимых деформаций сонных артерий при мультипараметрическом ультразвуковом исследовании.

Методы. Первым этапом в амбулаторно-поликлинических условиях 388 пациентам выполнено мультипараметрическое ультразвуковое исследование сонных артерий. В исследование включены пациенты от 18 лет и старше, впервые направленные на ультразвуковое исследование сонных артерий участковым терапевтом, неврологом или кардиологом для исключения патологий сонных артерий. При выявлении деформаций сонных артерий кроме основных параметров для оценки гемодинамической значимости подсчитывался предложенный нами дополнительный параметр — коэффициент деформации. По результатам первого этапа исследования были сформированы две группы. В первую (контрольную) группу отобраны пациенты, у которых по результатам мультипараметрического ультразвукового исследования сонных артерий патологий не выявлено. Во вторую группу отобраны пациенты, у которых по результатам мультипараметрического ультразвукового исследования сонных артерий были выявлены изолированные односторонние деформации внутренней сонной артерии при отсутствии гемодинамически значимых стенозирующих поражений общей сонной артерии и внутренней сонной артерии. Вторым этапом этим пациентам выполнено транскраниальное дуплексное сканирование средних мозговых артерий с целью выявления региональных гемодинамически значимых деформаций внутренних сонных артерий.

Результаты. В результате математического моделирования деформированных артерий эмпирически были получены значения коэффициента деформации, выше которых деформация оценивается как деформация с острыми углами. При С-образных деформациях это значение более 1,41, при S-образных деформациях это значение более 1,34.

Дальнейший статистический анализ показал, что между углом деформации и соответствующим коэффициентом деформации наблюдается явно выраженная положительная корреляция на уровне значимости $p < 0,01$. Чем больше выражен угол деформации, тем больше значение коэффициента деформации.

Расчет коэффициента корреляции Спирмена между значениями коэффициента деформации и асимметрией кровотока по средней мозговой артерии дал значение $p = 0,89$, что соответствует значимой положительной корреляции (чем выше коэффициент деформации, тем более выражена асимметрия кровотока) на уровне значимости $p < 0,01$.

Заключение. Коэффициент деформации является дополнительным ультразвуковым параметром оценки локальных гемодинамически значимых деформаций сонных артерий.

Ключевые слова: ультразвуковое исследование артерий, деформация сонных артерий, гемодинамически значимая деформация, патологический изгиб ВСА, угол деформации ВСА

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Поморцев А.В., Багдасарян К.А. Дополнительные возможности ультразвукового исследования при оценке локальных гемодинамически значимых деформаций сонных артерий: одномоментное наблюдательное исследование. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2022; 29(3): 30–45. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2022-29-3-30-45>

Поступила 09.03.2022

Принята после доработки 03.05.2022

Опубликована 28.06.2022

ADDITIONAL ULTRASOUND CAPABILITIES FOR LOCAL HAEMODYNAMICALLY SIGNIFICANT CAROTID DEFORMITY: A ONE-STAGE OBSERVATIONAL STUDY

Aleksey V. Pomortsev¹, Karapet A. Baghdasaryan^{1,2,*}

¹ *Kuban State Medical University
Mitrofana Sedina str., 4, Krasnodar, 350063, Russia*

² *City Polyclinic of Gelendzhik City Resort
Kirova str., 20, Gelendzhik, 353475, Russia*

ABSTRACT

Background. Despite a wide range of studies, no consensus has been reached on the relative weight of ultrasound parameters for assessing local haemodynamically significant carotid deformations.

Objectives. To estimate a diagnostic value for an additional multiparametric ultrasound parameter for local haemodynamically significant carotid deformations.

Methods. In the first phase, 388 patients underwent an outpatient multiparametric ultrasound examination of the carotid arteries. The study involved patients of the age of 18 and older with a primary referral for carotid ultrasound by a resident physician, neurologist or cardiologist in order to rule out a carotid pathology. As a supplement to the main haemodynamic significance assessment parameters, we introduced an additional metric — the deformity coefficient - in order to diagnose carotid abnormalities. Based on the first phase results, two cohorts were selected. Cohort 1 (control) consisted of patients with no abnormalities in multiparametric carotid ultrasound. Cohort 2 consisted of patients with isolated unilateral internal carotid artery de-

formities at no haemodynamically significant stenosis of common and internal carotid arteries in multiparametric carotid ultrasound. In the second phase, the patients underwent transcranial duplex sonography of the middle cerebral arteries, in order to detect regional haemodynamically significant internal carotid artery deformities.

Results. Mathematical modelling of abnormal arteries produced the empirical upper deformity coefficient thresholds to distinguish acute angulation. This value is >1.41 for C-shaped and >1.34 — for S-shaped curves.

Subsequent statistical analysis revealed a clear positive correlation between angulation and the deformity coefficient at a $p < 0.01$ significance level. More acute angulation corresponds to higher coefficient values.

The Spearman correlation between the deformity coefficient and blood flow asymmetry values for middle cerebral artery was 0.89. This defines a significant positive correlation (higher deformity coefficient corresponds to higher blood flow asymmetry) at a $p < 0.01$ significance level.

Conclusion. The deformity coefficient is an additional ultrasound parameter for assessing local haemodynamically significant carotid abnormalities.

Keywords: arterial ultrasound, carotid tortuosity, haemodynamically significant deformity, ICA kink, ICA angulation

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Pomortsev A.V., Baghdasaryan K.A. Additional ultrasound capabilities for local haemodynamically significant carotid deformity: a one-stage observational study. *Kubanskii Nauchnyi Meditsinskii Vestnik*. 2022; 29(3): 30–45. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2022-29-3-30-45>

Submitted 09.03.2022

Revised 03.05.2022

Published 28.06.2022

ВВЕДЕНИЕ

В структуре общей смертности населения России значимой причиной являются болезни системы кровообращения^{1,2} [1, 2]. В структуре причин смерти от болезней системы кровообращения лидируют ишемическая болезнь сердца (53 %) и цереброваскулярные заболевания (31 %) [1, 3].

Факторами развития сосудистой мозговой недостаточности являются атеросклеротическое поражение сонных артерий и патологическая извитость внутренней сонной артерии (ВСА) [4–7]. При обеих патологиях с возрастом имеется тенденция к прогрессированию гемодинамических нарушений и нарастанию симптомов сосудисто-мозговой недостаточности с высоким риском летальности и инвалидизации [8–10].

Одна шестая часть пациентов до острого нарушения мозгового кровообращения имеет призна-

ки нарушения когнитивных функций той или иной степени выраженности [11–13]. Когнитивное нарушение варьирует от незначительных дефицитов когнитивной функции до выраженной деменции [14–16].

Современное исследование сонных артерий невозможно представить без применения мультипараметрического ультразвукового исследования — дуплексного сканирования (ДС) сонных артерий³ [17–20]. У этого метода неинвазивной визуализации несколько очевидных преимуществ по сравнению с мультиспиральной компьютерной томографией (МСКТ), магнитно-резонансной ангиографией (МРА) и «золотым стандартом» при исследовании артерий всех бассейнов — рентгеноконтрастной ангиографией. Самые важные преимущества: неинвазивность, отсутствие контрастных веществ, лучевой нагрузки и побочных эффектов. Так-

¹ Росстат. *Здравоохранение в России. 2019: Стат. сб.* М.: 2019. 170 с.

² Всемирная организация здравоохранения. *10 ведущих причин смерти в мире*; 2020. Available: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>

³ Российское общество ангиологов и сосудистых хирургов, Ассоциация сердечно-сосудистых хирургов России, Российское научное общество рентгенэндоваскулярных хирургов и интервенционных радиологов, Всероссийское научное общество кардиологов, Ассоциация флебологов России. *Национальные рекомендации по ведению пациентов с заболеваниями брахиоцефальных артерий*. М., 2013. 72 с.

же надо учесть, что исследование технически несложное, быстрое, недорогое, легко воспроизводимое.

При выявлении деформаций сонных артерий ДС в большинстве случаев позволяет качественно оценить локализацию деформаций, форму деформаций и ее гемодинамическую значимость [21, 22].

Основными параметрами оценки локальных гемодинамически значимых нарушений являются наличие турбулентности потока в месте деформации, острые углы деформации и соотношение пиковой скорости потока (ПСК) в месте максимальной ангуляции, до и после деформации⁴ [17, 23, 24]. Однако до настоящего времени нет единого мнения по поводу удельного веса каждого из параметров при определении локальных гемодинамически значимых деформаций сонных артерий. Затрудняет ситуацию еще и тот факт, что два параметра из трех довольно субъективные, сильно зависят от методики исполнения (например, использование или неиспользование корректировки доплеровского угла при измерениях ПСК), от качества ультразвукового сканера, его настроек (например, при определении турбулентности кровотока).

В связи с этим особо актуален поиск дополнительных ультразвуковых параметров при локальных гемодинамически значимых деформациях сонных артерий.

Цель исследования — определение диагностической ценности дополнительного параметра локальных гемодинамически значимых деформаций сонных артерий при мультипараметрическом ультразвуковом исследовании.

МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Для достижения цели первым этапом в амбулаторно-поликлинических условиях 388 пациентам выполнено мультипараметрическое ультразвуковое исследование сонных артерий. При выявлении деформаций сонных артерий кроме основных параметров были рассчитаны коэффициенты деформаций (КД) с дальнейшим статистическим анализом.

Далее по результатам первого этапа исследования сформированы 2 группы. В первую группу отобраны пациенты, у которых по результатам ДС патологий не выявлено. Эта группа принята за контрольную. Во вторую группу отобраны пациенты, у которых по ре-

зультатам ДС были выявлены изолированные односторонние деформации ВСА при отсутствии гемодинамически значимых стенозирующих поражений общих сонных артерий (ОСА) и ВСА.

Вторым этапом этим пациентам выполнено транскраниальное дуплексное сканирование средних мозговых артерий (СМА) с целью выявления региональной гемодинамически значимой деформации ВСА. Асимметрию ПСК по СМА более чем 30% считали признаком региональной гемодинамически значимой деформации. Целью данного этапа исследования было выявление корреляционной связи между значениями КД и асимметрией кровотока в СМА.

Условия проведения

Отбор пациентов и ультразвуковое исследование сонных артерий проводились в амбулаторных условиях в государственном бюджетном учреждении здравоохранения «Городская поликлиника города-курорта Геленджик» Министерства здравоохранения Краснодарского края (ГБУЗ «ГП города-курорта Геленджик» МЗ КК). Исследования пациентов проводили в период с октября 2017 по сентябрь 2020 г. Статистическая обработка полученных данных проводилась на кафедре Лучевой диагностики ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России.

Критерии соответствия

Критерии включения

В исследование были включены пациенты от 18 лет и старше, впервые направленные на ультразвуковое исследование сонных артерий участковым терапевтом, неврологом или кардиологом для исключения патологий сонных артерий.

Критерии невключения

Пациенты, ранее перенесшие острые сердечно-сосудистые события (острые инфаркты миокарда, инсульты, транзиторные ишемические атаки), с выявленными нарушениями ритма на момент исследования, отказ пациента от участия в исследовании.

Описание критериев соответствия (диагностические критерии)

Основными критериями соответствия проводимого исследования у пациентов амбулаторного звена (мужчин и женщин) явились показатели взаимосвязи между углом деформации и КД, а также между КД и асимметрией кровотока в СМА.

⁴ Куликов В.П. *Основы ультразвукового исследования сосудов*. М.: Видар-М; 2015. 392 с.

Подбор участников в группы

Всем пациентам ($n = 388$) в амбулаторно-поликлинических условиях выполнено мультипараметрическое ультразвуковое исследование сонных артерий. При выявлении деформаций сонных артерий кроме основных параметров были рассчитаны КД с дальнейшим статистическим анализом.

Далее по результатам первого этапа исследования сформированы 2 группы. В первую группу отобраны пациенты, у которых, по результатам ДС патологий не выявлено. Эта группа принята за контрольную. Во вторую группу отобраны пациенты, у которых по результатам ДС были выявлены изолированные односторонние деформации ВСА при отсутствии гемодинамически значимых стенозирующих поражений ОСА и ВСА.

В контрольную группу вошли 44 пациента. Во вторую группу вошел 31 пациент. Вторым этапом этим пациентам выполнено транскраниальное дуплексное сканирование СМА с целью выявления региональных гемодинамически значимых деформаций ВСА. Целью данного этапа исследования было выявление корреляционной связи между значениями КД и асимметрией кровотока в СМА.

Целевые показатели исследования

Основной показатель исследования

Получение данных об обоснованности использования КД при определении гемодинамически значимых деформаций сонных артерий и изучение корреляционной связи КД с углом деформации и асимметрией кровотока в СМА.

Дополнительные показатели исследования

Дополнительные показатели исследования дизайном исследования не предусмотрены.

Методы измерения целевых показателей

Во время ДС сонных артерий при обнаружении деформаций сонных артерий осуществлялись:

оценка локализации деформации сонных артерий; оценка формы деформации сонных артерий; оценка углов деформации сонных артерий; подсчет КД.

Разработанный нами дополнительный параметр для оценки гемодинамически значимых деформаций мы обозначили как КД (подана и находится на рассмотрении заявка на изобретение «Способ дифференциальной диагностики гемодинамического состояния сонных артерий», № заявки 2021137029, от 14.12.2021). При подсчете данного коэффициента во время ультразвукового исследования рассчитывается истинная длина сосуда в деформированном участке (D_u). Далее выявляется кратчайшее расстояние от начала до конца деформированного участка, измеряется его длина. Это предполагаемая длина сосуда при его прямолинейном ходе (D_k). КД получаем путем отношения D_u к D_k (рис. 1).

Расчет производится по формуле 1:

$$\text{КД} = D_u / D_k, \quad (1)$$

где КД — коэффициент деформации сосуда, D_u — истинная длина сосуда в деформированном участке, D_k — длина кратчайшего расстояния от начала до конца деформированного участка.

Для получения эмпирических значений КД при разных значениях углов деформации разработана математическая модель С-образных и S-образных деформаций. Для упрощения модели было принято, что при всех типах деформаций стороны, образованные деформирующим углом, равны. В таком случае соотношение длины деформированной артерии к ее предполагаемой длине, если бы ход артерии в том же участке был прямолинейным, не зависит от длины сторон деформированной артерии и зависит только от угла деформации.

На рисунке 2 представлено схематическое изображение С-образной деформации сосуда.

КД при С-образных деформациях рассчитывался по формуле (2):



Рис. 1. Схематическое изображение расчета коэффициента деформации. D_u — истинная длина сосуда в деформированном участке, D_k — длина кратчайшего расстояния от начала до конца деформированного участка.

$$\begin{aligned}
 КД &= \frac{a+a}{b} = \frac{a+a}{\sqrt{a^2+a^2-2*a*a*cos\alpha}} = \\
 &= \frac{2*a}{\sqrt{2*a^2-2*a^2*cos\alpha}} = \frac{1,41}{\sqrt{1-cos\alpha}}. \quad (2)
 \end{aligned}$$

Значения КД при разных углах деформации, при С-образных деформациях приведены в таблице 1.

На рисунке 3 представлено схематическое изображение S-образных деформаций сосуда.

КД при S-образных деформациях рассчитывался по формуле (3):

$$\begin{aligned}
 КД &= \frac{a+a+a}{2*\sqrt{a^2+(\frac{a}{2})^2-2*a*a/2*cos\alpha}} = \\
 &= \frac{3*a}{2*\sqrt{5/4*a^2-a^2*cos\alpha}} = \frac{1,5}{\sqrt{1,25-cos\alpha}}. \quad (3)
 \end{aligned}$$

Значения КД при разных углах деформации, при S-образных деформациях приведены в таблице 2.

Таким образом, эмпирически были получены значения КД, выше которых деформация оценивается как деформация с острыми углами. При С-образных деформациях это значение бо-

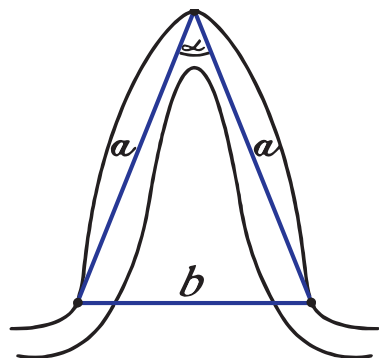


Рис. 2. Схематическое изображение С-образной деформации сосуда.

Таблица 1. Значения коэффициента деформации при разных углах деформации, при С-образных деформациях

Угол деформации	Коэффициент деформации
150°	1,03
120°	1,15
90°	1,41
60°	2,00
45°	2,60
30°	3,85

лее 1,41, при S-образных деформациях это значение более 1,34.

При практическом подсчете КД будет больше полученных эмпирических значений, так как истинная длина артерии больше суммы двух сторон образованного треугольника.

При транскраниальном дуплексном исследовании для оценки скоростных параметров СМА проводилось сканирование из транстемпорального доступа. После идентификации СМА оценивалось ПСК в М1 сегменте. Показателем нарушения регионального кровообращения при деформациях ВСА считали асимметрию кровотока в правой и левой СМА на 30 % и более.

Переменные (предикторы)

Статистически значимые данные, характеризующие взаимосвязь между КД и углом деформации и КД и асимметрией кровотока по СМА, при выявлении деформации ВСА изучали, используя коэффициент корреляции Спирмена.

Статистический анализ

Принципы расчета размера выборки

Предварительного расчета размера выборки не проводилось.

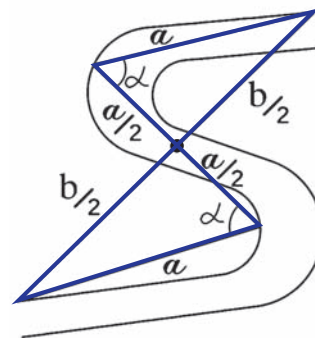


Рис. 3. Схематическое изображение S-образной деформации сосуда.

Таблица 2. Значения коэффициента деформации при разных углах деформации, при S-образных деформациях

Угол деформации	Коэффициент деформации
150°	1,03
120°	1,13
90°	1,34
60°	1,73
45°	2,04
30°	2,42

Методы статистического анализа данных

Для обработки данных и решения поставленной цели использовались методы описательной статистики, а также сравнительный и качественный анализ данных. Анализ проводился с помощью программного пакета StatSoft Statistica v.12 (StatSoft Russia).

Для оценки значимости различий между показателями в различных группах пациентов в случаях отсутствия признаков нормального распределения данных использовался U -критерий Манна — Уитни.

Отличительной чертой использования критериев Манна — Уитни является отсутствие требования нормального распределения сравниваемых выборок. Из сравниваемых выборок составляется единый ранжированный ряд путем расставления измерений по возрастанию и присвоения каждому значению ранга (порядкового значения). Далее вычисляется значение критерия Манна — Уитни по формуле 4:

$$U = n_1 \cdot n_2 + \frac{n_x(n_x + 1)}{2} - T_x \quad (4)$$

где n_1 и n_2 — размер первой и второй выборок соответственно, T_x — $\max\{T_1, T_2\}$, T_1 и T_2 — сумма рангов, приходящаяся на долю элементов первой и второй выборок соответственно.

Вычисленные таким образом экспериментальные значения критериев Манна — Уитни сравниваются с критическими значениями на определенном уровне значимости p . Если экспериментальное значение превышает критическое, делается вывод о наличии значимых различий между сравниваемыми выборками с погрешностью не более p .

С целью изучения связи между явлениями, представленными количественными данными, распределение которых отличалось от нормального, использовался непараметрический метод — расчет коэффициент ранговой корреляции Спирмена.

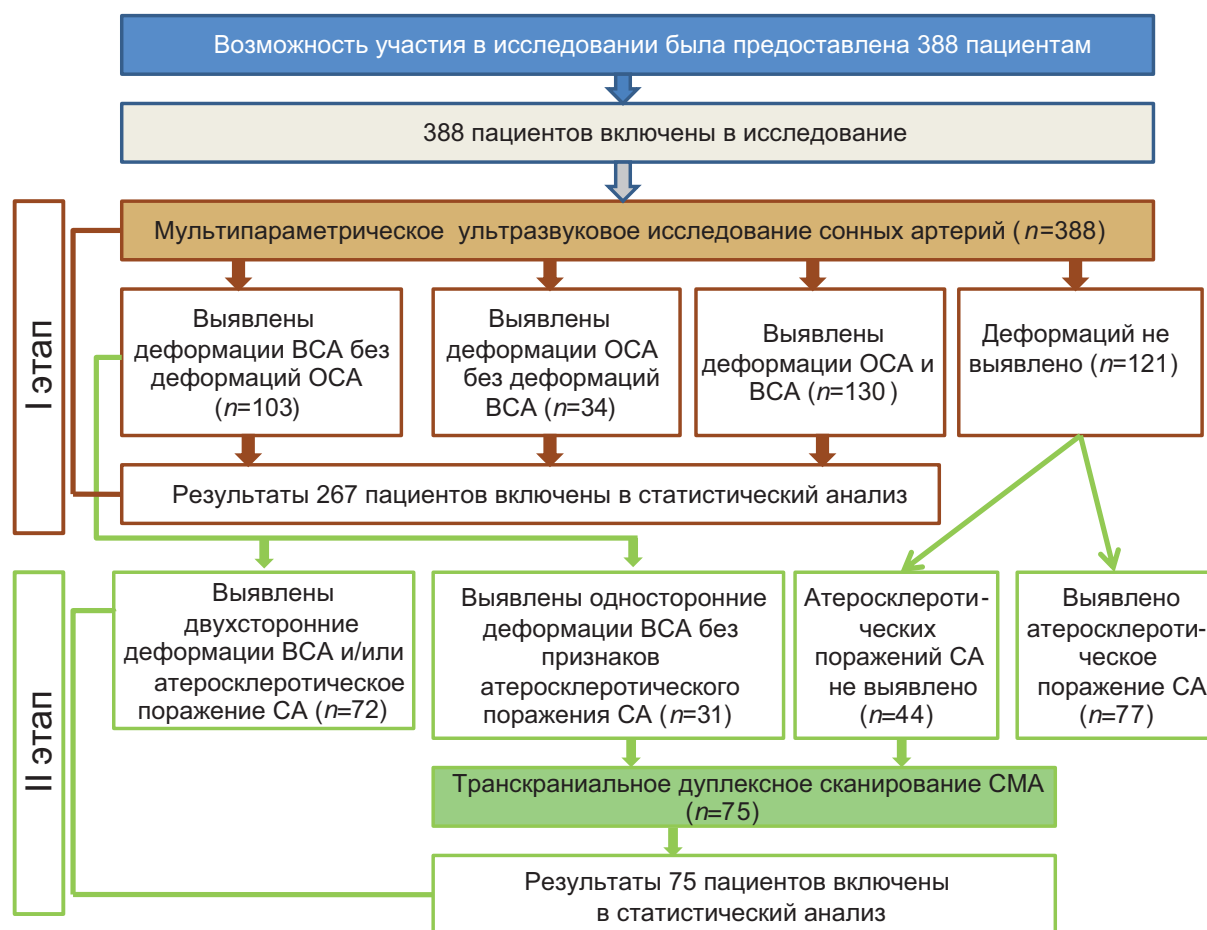


Рис. 4. Блок-схема дизайна исследования. ВСА — внутренняя сонная артерия, ОСА — общая сонная артерия, СА — сонные артерии, СМА — средняя мозговая артерия.

Для этого каждому из сравниваемых признаков сопоставляется их порядковый номер (ранг) по возрастанию или убыванию. Далее для каждой пары сопоставляемых значений была определена разность рангов (d). Коэффициент Спирмена рассчитывался по следующей формуле (5):

$$\rho = 1 - \frac{6 \cdot \sum d^2}{n(n^2 - 1)} \quad (5)$$

Значения коэффициента корреляции ρ интерпретировались в соответствии со шкалой Чеддока.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Формирование выборки исследования

Формирование выборки исследования, а также блок-схема проведения исследования представлены на рисунке 4.

Характеристики выборки (групп) исследования

В рамках первого этапа исследования 388 пациентам выполнено мультипараметрическое ультразвуковое исследование сонных артерий.

Распределение пациентов по полу представлено в таблице 3.

Распределение пациентов по возрасту представлено в таблице 4.

При выявлении деформаций сонных артерий кроме основных параметров были рассчитаны КД с дальнейшим статистическим анализом.

Далее по результатам первого этапа исследования сформированы 2 группы. В первую группу отобраны пациенты, у которых по результатам ДС патологий не выявлено. Эта группа принята за контрольную. Во вторую группу отобраны пациенты, у которых по результатам ДС были выявлены изолированные односторонние деформации ВСА при отсутствии гемодинамически значимых стенозирующих поражений ОСА и ВСА.

Вторым этапом этим пациентам выполнено транскраниальное дуплексное сканирование СМА с целью выявления региональных гемодинамически значимых деформаций ВСА. Асимметрию ПСК по СМА более чем 30% считали признаком региональной гемодинамически зна-

Таблица 3. Распределение пациентов по полу

Число обследуемых	Пол	
	муж.	жен.
388 (100%)	185 (48%)	203 (52%)

Таблица 4. Распределение пациентов по возрасту ($M \pm SD$)

Средний возраст, лет	Средний возраст в годах	
	муж.	жен.
53,63 \pm 12,10	52,18 \pm 12,40	54,19 \pm 11,70

Таблица 5. Распределение пациентов по полу (%) и возрасту ($M \pm SD$)

Группа	Число обследуемых	Возраст	Пол	
			муж.	жен.
1-я группа (контрольная)	44	43,0 \pm 11,7	23 (52%)	21 (48%)
2-я группа	31	49,0 \pm 15,5	16 (52%)	15 (48%)

чимой деформацией. Целью данного этапа исследования было выявление корреляционной связи между значениями КД и асимметрией кровотока в СМА.

В контрольную группу вошли 44 пациента. Во вторую группу вошел 31 пациент.

Распределение пациентов по полу и возрасту в обеих группах представлено в таблице 5.

Из таблицы 5 видно, что распределение пациентов по полу и возрасту в группах существенно не различаются.

Основные результаты исследования

Для выполнения цели первым этапом в амбулаторно-поликлинических условиях 388 пациентам выполнено мультипараметрическое ультразвуковое исследование сонных артерий.

Распространенность деформаций сонных артерий в выборке пациентов представлена в таблице 6.

Выявленные деформации по значениям углов деформации мы разделили на деформации с углами деформации более 90° (деформации без наличия острых углов) и деформации с углами деформации менее 90° (деформации

Таблица 6. Распространенность деформаций сонных артерий

Количество пациентов	Деформации ВСА без деформации ОСА	Деформации ОСА без деформации ВСА	Деформации ОСА и ВСА	Деформаций не выявлено
$n = 388$	103 (26,5%)	34 (8,8%)	130 (33,5%)	121 (31,2%)

Примечание: ОСА — общая сонная артерия, ВСА — внутренняя сонная артерия.

Таблица 7. Результаты подсчетов коэффициента деформации при деформациях без острых углов

Вид деформации	КД (M ± SD)
С-образная деформация без острых углов	1,24 ± 0,04
S-образная деформация без острых углов	1,38 ± 0,04

Таблица 8. Результаты подсчетов коэффициента деформации при деформациях с острыми углами

Вид деформации	КД
С-образная деформация с острыми углами	1,63 ± 0,04
S-образная деформация с острыми углами	1,69 ± 0,041

Таблица 9. Коэффициенты корреляции между значениями угла и коэффициента деформации ($n = 267, p < 0,01$)

Показатели	КД (право)	КД (лево)
Угол деформации (право)	0,8336	0,3849
Угол деформации (лево)	0,3771	0,8566

с острыми углами). По форме деформации были разделены на С-образные и S-образные.

В рамках нашего исследования С-образные деформации без острых углов были выявлены у 200 пациентов. S-образные деформации без острых углов были выявлены у 99 пациентов. При вышеуказанных типах деформаций не регистрировались острые углы деформаций. Во всех случаях были рассчитаны КД. Результаты подсчетов представлены в таблице 7.

В рамках нашего исследования С-образная деформация с острыми углами была выявлена у 58 пациентов. S-образная деформация с острыми углами — у 55 пациентов. При вышеуказанных типах деформаций регистрировались острые углы деформаций. Во всех случаях были рассчитаны КД. Результаты подсчетов представлены в таблице 8.

Для первичной оценки обоснованности использования КД и оценки его связи с показателями угла деформации был проведен корреляционный анализ по методу Спирмена по всей выборке пациентов, у которых были измерены соответствующие показатели ($n = 267$). Результаты представлены в таблице 9.

Как видно из данных таблицы, между углом деформации и соответствующим КД наблюдается явно выраженная положительная корреля-

ция на уровне значимости $p < 0,01$. Чем больше выражен угол деформации, тем больше значение КД.

Далее по результатам первого этапа исследования сформированы 2 группы. В первую группу отобраны пациенты, у которых по результатам мультипараметрического ультразвукового исследования сонных артерий патологий не выявлено. Эта группа принята за контрольную. Во вторую группу отобраны пациенты, у которых в результате мультипараметрического ультразвукового исследования сонных артерий были выявлены изолированные односторонние деформации ВСА при отсутствии гемодинамически значимых стенозирующих поражений ОСА и ВСА.

Вторым этапом этим пациентам выполнено транскраниальное дуплексное сканирование СМА с целью выявления региональной гемодинамически значимой деформации ВСА. Асимметрию ПСК по СМА более чем 30% считали признаком региональной гемодинамически значимой деформации. Целью данного этапа исследования было выявление корреляционной связи между значениями КД и асимметрией кровотока в СМА.

В контрольную группу вошли 44 пациента. Во вторую группу вошел 31 пациент.

Далее исследовали распределение показателей асимметрии кровотока в СМА в группах 1 (рис. 5) и 2 (рис. 6) на соответствие нормальному закону распределения.

Графический анализ распределений показывает, что они довольно близки к нормальным, хотя и имеют ряд отклонений. Для более точной оценки нормальности распределения воспользуемся численными критериями Колмогорова — Смирнова, Лиллиефорса и Шапиро — Уилка (рис. 7, 8).

Значения критериев для оценки нормальности в группе 1 дают неоднозначную картину. Критерии Колмогорова — Смирнова ($D = 0,1702, p < 0,2$) и Шапиро — Уилка ($W = 0,958, p = 0,113$) указывают на отсутствие значимых различий между данной выборкой и нормальным распределением. Однако уровень значимости критерия Лиллиефорса ($p < 0,01$) указывает на наличие значимых различий указанных выборок.

В группе 2 картина аналогичная. Критерий Колмогорова — Смирнова ($D = 0,172, p > 0,2$) позволяет принять гипотезу об отсутствии различий между данной выборкой и нормальным распределением. В то же время критерии Шапиро — Уилка ($W = 0,906, p = 0,011$) и Лиллиефорса ($p < 0,05$)

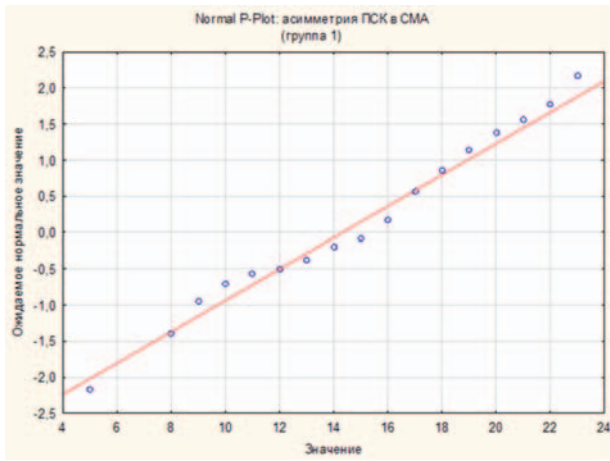


Рис. 5. Распределение показателей асимметрии кровотока в СМА в группе 1. ПСК — пиковая скорость кровотока, СМА — средняя мозговая артерия.

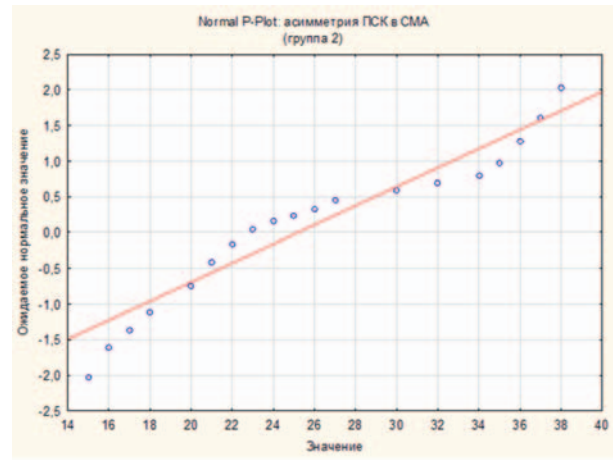


Рис. 6. Распределение показателей асимметрии кровотока в СМА в группе 2. ПСК — пиковая скорость кровотока, СМА — средняя мозговая артерия.

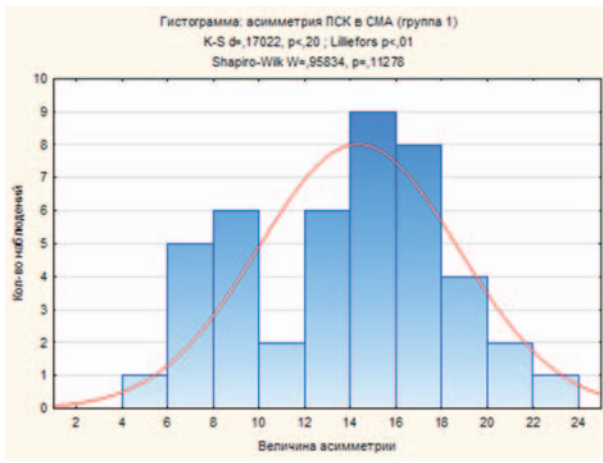


Рис. 7. Гистограмма распределения величины асимметрии кровотока в группе 1. ПСК — пиковая скорость кровотока, СМА — средняя мозговая артерия.

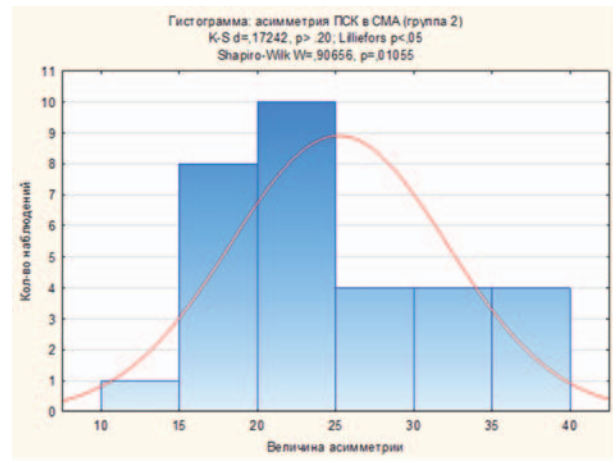


Рис. 8. Гистограмма распределения величины асимметрии кровотока в группе 2. ПСК — пиковая скорость кровотока, СМА — средняя мозговая артерия.

указывают на наличие значимых отличий от нормального распределения.

В группе 1 ($n_1 = 44$) среднее значение показателя асимметрии кровотока составляет 14,3%. Среднеквадратичное отклонение $S = 4,38$. В группе 2 ($n_2 = 31$) среднее значение показателя асимметрии кровотока составляет 25,2%. Среднеквадратичное отклонение $S = 6,94$.

Ввиду неполного соответствия групп 1 и 2 нормальному распределению для оценки значимости различий в показателях асимметрии кровотока в СМА в группах 1 и 2 был использован непараметрический критерий Манна — Уитни, который подходит для выборок с распределением, отличным от нормального (табл. 10).

Таким образом, расчет показывает, что между показателями групп 1 и 2 имеются значимые различия на уровне значимости $p < 0,01$.

Далее исследуем связь КД и величины асимметрии кровотока в СМА. Расчет коэффициента корреляции Спирмена между значениями КД и асимметрией кровотока дал значение $r = 0,89$, что соответствует значимой положительной корреляции (чем выше коэффициент деформации, тем более выражена асимметрия кровотока) на уровне значимости $p < 0,01$.

Дополнительные результаты исследования

Дополнительных результатов исследования не получено.

Таблица 10. Результаты расчета критерия Манна — Уитни для показателя асимметрии кровотока в средней мозговой артерии в группах 1 и 2

Показатель	Значение
Сумма рангов T1	1089
Сумма рангов T2	1761
Значение критерия U	99
Уровень значимости p	<0,01

ОБСУЖДЕНИЕ

Резюме основного результата исследования

Проведенное исследование свидетельствует о том, что КД может использоваться как дополнительный параметр при оценке локальных гемодинамически значимых деформаций сонных артерий.

Ограничения исследования

Небольшой объем выборки исследования не позволяет уверенно экстраполировать полученные результаты на генеральную совокупность.

Интерпретация результатов исследования

В настоящее время ультразвуковое исследование является лидирующим методом для выявления деформаций сонных артерий. При подозрениях как на стенооокклюзирующие поражения сонных артерий, так и при деформациях сонных артерий исследование начинают с ДС и при необходимости дополняют МРА или МСКТ сонных артерий [17–20]. А рентгенконтрастную ангиографию применяют только при расхождении данных, полученных вышеуказанными неинвазивными методами [17]. Но, несмотря на высокую информативность, в отличие от атеросклеротического поражения ВСА, до сих пор не проводилось и не проводится ни одно многоцентровое рандомизированное исследование, которое помогло бы создать единый подход к обследованию и лечению пациентов с деформациями ВСА [17]. Нет единого мнения ни в критериях, которыми оценивается гемодинамическая значимость деформаций ВСА, ни в пороговых значениях отдельных критериев.

Поэтому поиск дополнительного параметра для оценки локальных гемодинамически значимых деформаций сонных артерий является актуальной задачей.

В основе любой деформации сонных артерий лежит удлинение артерии в ограниченном участке. Из-за ограничения длины участка удлиненная артерия меняет свой прямолинейный

ход и формирует деформации разных форм. Гипотезой разработки дополнительного параметра для оценки гемодинамически значимой патологической деформации стало предположение, что математически должна быть взаимосвязь соотношения длины деформированной артерии к ее предполагаемой длине, если бы ход артерии в том же участке был прямолинейным. Поэтому была поставлена цель определить данную закономерность.

Для выполнения этой цели была разработана математическая модель С-образных и S-образных деформаций. С помощью данной модели эмпирически были получены значения КД, выше которых деформация оценивается как деформация с острыми углами. При С-образных деформациях это значение более 1,41, при S-образных деформациях это значение более 1,34.

Многие авторы считают, что гемодинамическая значимость деформации в основном связана со степенью изгиба сонных артерий [5, 11, 23]. Результаты нашего исследования подтверждают эти данные. КД статистически значимо коррелирует и с углом деформации ($\rho = 0,85$, $p < 0,01$) и с асимметрией кровотока в СМА ($\rho = 0,89$, $p < 0,01$).

Большинство авторов считают, что для оценки гемодинамически значимой деформации сонной артерии достоверную информацию дают скоростные параметры, подсчитанные в месте максимальной ангуляции, до и после него. Однако нет единого мнения по поводу значения порогового ПСК в месте максимальной ангуляции, выше которого деформация считается гемодинамически значимой. Некоторые авторы как пороговое значение ПСК приводят цифру 150 см/сек, некоторые 200 см/сек, некоторые 250 см/сек. Нет также единого мнения насчет использования коррекции доплеровского угла при измерениях ПСК. Некоторые авторы считают, что коррекция доплеровского угла должна быть использована, некоторые считают, что из-за большой трудоемкости, а порой и невозможности четкой коррекции угла его использование необязательно [17, 24]. В рамках нашего исследования не получено результатов, связанных со скоростными параметрами деформированных артерий, из-за отсутствия задачи поиска связи КД и скоростных параметров на данных этапах исследования.

Разработанный нами параметр КД (подана и находится на рассмотрении заявка на изобретение «Способ дифференциальной диагностики гемодинамического состояния сонных артерий», № заявки 2021137029, от 14.12.2021) рассчиты-

вается легко, не требует высокого качества ЦДК (более того, при необходимости может быть рассчитан в В-режиме), не требует использования доплеровского режима. Также не требует расчета углов деформации, но включает в себя его смысл. При динамическом наблюдении легко воспроизводим и максимально лишен субъективности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, внедрение разработанного нами дополнительного параметра для оценки гемодинамически значимых деформаций сонных артерий математически обосновано. КД имеет явно выраженную положительную корреляцию на уровне значимости $p < 0,01$ с углом деформации сосуда. Чем больше выражен угол деформации, тем больше значение КД.

При исследовании связи КД и величины асимметрии ПСК в СМА расчет коэффициента корреляции Спирмена между значениями КД и асимметрией кровотока дал значение $r = 0,89$, что соответствует значимой положительной кор-

реляции (чем выше коэффициент деформации, тем более выражена асимметрия кровотока) на уровне значимости $p < 0,01$.

СООТВЕТСТВИЕ ПРИНЦИПАМ ЭТИКИ

Этическая экспертиза протокола исследования не проводилась. Соответствие выполненного исследования этическим принципам было подтверждено Независимым Этическим Комитетом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ул. им. Митрофана Седина, д. 4, г. Краснодар, Россия) (протокол № 100 от 25.06.2021 г.). Перед началом исследования все пациенты подтвердили свое участие письменным информированным добровольным согласием.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Авторы заявляют об отсутствии спонсорской поддержки при проведении исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савина А.А., Леонов С.А., Сон И.М., Михайлова Ю.В., Фейгинова С.И., Кудрина В.Г. Основные тенденции первичной заболеваемости населения в субъектах Российской Федерации в 2008–2017 гг. *Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины*. 2019; 27(2): 118–122. DOI: 10.32687/0869-866X-2019-27-2-118-122
2. Савина А.А., Фейгинова С.И. Динамика заболеваемости болезнями системы кровообращения взрослого населения Российской Федерации в 2007–2019 гг. *Социальные аспекты здоровья населения*. 2021; 67(2): 1–43. DOI: 10.21045/2071-5021-2021-67-2-1
3. Вайсман Д.Ш., Александрова Г.А., Леонов С.А., Савина А.А. Достоверность показателей и структуры причин смерти от болезней системы кровообращения в Российской Федерации при международных сопоставлениях. *Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики*. 2019; 3: 87–102. DOI: 10.24411/2312-2935-2019-10055
4. Клочихина О.А., Шпрах В.В., Стаховская Л.В., Полунина О.С., Полунина Е.А. Показатели заболеваемости инсультом и смертности от него на территориях, вошедших в Федеральную программу реорганизации помощи пациентам с инсультом. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2021;121(3-2):22–28. DOI: 10.17116/jnev-ro202112103222
5. Benson J.C., Brinjikji W., Messina S.A., Lanzino G., Kallmes D.F. Cervical internal carotid artery tortuosity: A morphologic analysis of patients with acute ischemic stroke. *Interv. Neuroradiol.* 2020;26(2):216–221. DOI: 10.1177/1591019919891295
6. Noh S.M., Kang H.G. Clinical significance of the internal carotid artery angle in ischemic stroke. *Sci. Rep.* 2019;9(1):4618. DOI: 10.1038/s41598-018-37783-1
7. Strecker C., Krafft A.J., Kaufhold L., Hüllebrandt M., Weber S., Ludwig U., Wolkewitz M., Hennemuth A., Hennig J., Harloff A. Carotid geometry is an independent predictor of wall thickness — a 3D cardiovascular magnetic resonance study in patients with high cardiovascular risk. *J. Cardiovasc. Magn. Reson.* 2020; 22(1): 67. DOI: 10.1186/s12968-020-00657-5
8. Aber A., Howard A., Woods H.B., Jones G., Michaels J. Impact of Carotid Artery Stenosis on Quality of Life: A Systematic Review. *Patient.* 2019; 12(2): 213–222. DOI: 10.1007/s40271-018-0337-1
9. Baradaran H., Demissie S., Himali J.J., Beiser A., Gupta A., Polak J.F., DeCarli C., Seshadri S., Romero J.R. The progression of carotid atherosclerosis and imaging markers of dementia. *Alzheimers. Dement (NY)*. 2020; 6(1): e12015. DOI: 10.1002/trc2.12015
10. Kliš K.M., Krzyżewski R.M., Kwinta B.M., Stachura K., Gąsowski J.J. Tortuosity of the Internal Carotid Artery and Its Clinical Significance in the Development of Aneurysms. *Clin Med.* 2019; 8(2): 237. DOI: 10.3390/jcm8020237
11. Amidzic A., Tiro N. Kinking of Bilateral Internal Carotid Arteries as Cause of Cognitive Dysfunction. *Med. Arch.* 2020; 74(1): 58–60. DOI: 10.5455/med-arch.2020.74.58-60

12. Gray V.L., Goldberg A.P., Rogers M.W., Anthony L., Terrin M.L., Guralnik J.M., Blackwelder W.C., Lam D.F.H., Sikdar S., Lal B.K. Asymptomatic carotid stenosis is associated with mobility and cognitive dysfunction and heightens falls in older adults. *J. Vasc. Surg.* 2020; 71(6): 1930–1937. DOI: 10.1016/j.jvs.2019.09.020
13. Van Rooij J.L.M., Takx R.A.P., Velthuis B.K., Dankbaar J.W., de Jong P.A.; DUST investigators. Coiling of the Internal Carotid Artery is Associated with Hypertension in Patients Suspected of Stroke. *Clin. Neuroradiol.* 2021; 31(2): 425–430. DOI: 10.1007/s00062-020-00892-4
14. Elhfnawy A.M., Volkmann J., Schliesser M., Fluri F. Symptomatic vs. Asymptomatic 20–40% Internal Carotid Artery Stenosis: Does the Plaque Size Matter? *Front. Neurol.* 2019; 10: 960. DOI: 10.3389/fneur.2019.00960
15. Paraskevas K.I., Nicolaidis A.N., Kakkos S.K. Asymptomatic Carotid Stenosis and Risk of Stroke (ACSRS) study: what have we learned from it? *Ann. Transl Med.* 2020; 8(19): 1271. DOI: 10.21037/atm.2020.02.156
16. Smith E.E. Clinical presentations and epidemiology of vascular dementia. *Clin. Sci. (Lond).* 2017; 131: 1059–1068. DOI: 10.1042/CS20160607
17. Казанцев А.Н., Виноградов Р.А., Ерофеев А.А., Кравчук В.Н., Жарова А.С., Сорокин А.А., Шматов Д.В., Багдавадзе Г.Ш., Коротких А.В. Проблема выбора метода реваскуляризации при сочетании поражении коронарных и сонных артерий. Обзор действующих рекомендаций и серии статей. *Журнал им. Н.В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь».* 2022; 11(1): 147–157. DOI: 10.23934/2223-9022-2022-11-1-147-157
18. Gorican K., Chochola M., Kocik M., Zak A. Diagnostic criteria for the determination of clinically significant internal carotid artery stenosis using duplex ultrasound. *Biomed. Pap. Med. Fac. Univ. Palacky. Olomouc. Czech. Repub.* 2020; 164(3): 255–260. DOI: 10.5507/bp.2019.029
19. Saxena A., Ng E.Y.K., Lim S.T. Imaging modalities to diagnose carotid artery stenosis: progress and prospect. *Biomed. Eng. Online.* 2019; 18(1): 66. DOI: 10.1186/s12938-019-0685-7
20. Brouwers J.J.W.M., Jiang J.F.Y., Feld R.T., van Doorn L.P., van Wissen R.C., van Walderveen M.A.A., Hamming J.F., Schepers A.A. New Doppler-Derived Parameter to Quantify Internal Carotid Artery Stenosis: Maximal Systolic Acceleration. *Ann. Vasc. Surg.* 2021; S0890-5096(21)00839-6. DOI: 10.1016/j.avsg.2021.09.056.
21. Welby J.P., Kim S.T., Carr C.M., Lehman V.T., Rydberg C.H., Wald J.T., Luetmer P.H., Nasr D.M., Brinjikji W. Carotid Artery Tortuosity Is Associated with Connective Tissue Diseases. *AJNR Am. J. Neuroradiol.* 2019; 40(10): 1738–1743. DOI: 10.3174/ajnr.A6218
22. Dilba K., van Dam-Nolen D.H.K., Crombag G.A.J.C., van der Kolk A.G., Koudstaal P.J., Nederkoorn P.J., Hendrikse J., Kooi M.E., van der Steen A.F.W., Wentzel J.J., van der Lugt A., Bos D. Dolichoarteriopathies of the extracranial internal carotid artery: The Plaque At RISK study. *Eur. J. Neurol.* 2021; 28(9): 3133–3138. DOI: 10.1111/ene.14982
23. Valvano A., Bosso G., Apuzzi V., Mercurio V., Di Simone V., Panicara V., De Luca M., Tomas C., Cammarota F., Cittadini A., Oliviero U. Long-term follow-up in high risk hypertensive patients with carotid dolichoarteriopathies. *Int. Angiol.* 2020; 39(1): 24–28. DOI: 10.23736/S0392-9590.19.04229-9
24. Sacco S., Totaro R., Baldassarre M., Carolei A. Morphological variations of the internal carotid artery: Prevalence, characteristics and association with cerebrovascular disease. *Int. J. Angiol.* 2007; 16(2): 59–61. DOI: 10.1055/s-0031-1278249
25. D'Andrea A., Conte M., Cavallaro M., Scarafile R., Riegler L., Cocchia R., Pezzullo E., Carbone A., Natale F., Santoro G., Caso P., Russo M.G., Bossone E., Calabrò R. Transcranial Doppler ultrasonography: from methodology to major clinical applications. *World J. Cardiol.* 2016; 8(7): 383–400. DOI: 10.4330/wjc.v8.i7.383
26. Blanco P., Blaivas M. Applications of transcranial color-coded sonography in the emergency department. *J. Ultrasound. Med.* 2017; 36(6): 1251–1266. DOI: 10.7863/ultra.16.04050

REFERENCES

1. Savina A.A., Leonov S.A., Son I.M., Mihailovalu. V., Feiginova S.I., Kudrina V.G. The main trends in primary morbidity of population in the subjects of the Russian Federation in 2008–2017. *Problemi Socialnoi Gigieni, Zdravookhraneniia I Istorii Meditsini.* 2019; 27(2): 118–122 (In Russ., English abstract). DOI: 10.32687/0869-866X-2019-27-2-118-122
2. Savina A.A., Feyginova S.I. Dynamics in incidence of diseases of the circulatory system among adults in the Russian Federation in 2007–2019. *Social aspects of population health.* 2021; 67(1): 1–43 (In Russ., English abstract). DOI: 10.21045/2071-5021-2021-67-2-1
3. Vaysman D.Sh., Aleksandrova G.A., Leonov S.A., Savina A.A. The Accuracy Of Indicators And The Structure Of Causes Of Death From Diseases Of The Circulatory System In The Russian Federation In International Comparisons. *Current problems of health care and medical statistics.* 2019; 3: 87–102 (In Russ., English abstract). DOI: 10.24411/2312-2935-2019-10055
4. Klochihina O.A., Shprakh V.V., Stakhovskaya L.V., Polunina O.S., Polunina E.A. Indicators of stroke morbidity and mortality from stroke in the territories included in the Federal program of caring for patients with stroke. *Zhurnal Nevrologii i Psikiatrii imeni S.S. Kor-*

- sakova. 2021; 121(3-2): 22–28 (In Russ., English abstract). DOI: 10.17116/jnevro202112103222
5. Benson J.C., Brinjikji W., Messina S.A., Lanzino G., Kallmes D.F. Cervical internal carotid artery tortuosity: A morphologic analysis of patients with acute ischemic stroke. *Interv. Neuroradiol.* 2020; 26(2): 216–221. DOI: 10.1177/1591019919891295
 6. Noh S.M., Kang H.G. Clinical significance of the internal carotid artery angle in ischemic stroke. *Sci. Rep.* 2019; 9(1): 4618. DOI: 10.1038/s41598-018-37783-1
 7. Strecker C., Krafft A.J., Kaufhold L., Hüllebrandt M., Weber S., Ludwig U., Wolkewitz M., Hennemuth A., Hennig J., Harloff A. Carotid geometry is an independent predictor of wall thickness — a 3D cardiovascular magnetic resonance study in patients with high cardiovascular risk. *J. Cardiovasc. Magn. Reson.* 2020; 22(1): 67. DOI: 10.1186/s12968-020-00657-5
 8. Aber A., Howard A., Woods H.B., Jones G., Michaels J. Impact of Carotid Artery Stenosis on Quality of Life: A Systematic Review. *Patient.* 2019; 12(2): 213–222. DOI: 10.1007/s40271-018-0337-1
 9. Baradaran H., Demissie S., Himali J.J., Beiser A., Gupta A., Polak J.F., DeCarli C., Seshadri S., Romero J.R. The progression of carotid atherosclerosis and imaging markers of dementia. *Alzheimers. Dement (NY).* 2020; 6(1): e12015. DOI: 10.1002/trc2.12015
 10. Kliš K.M., Krzyżewski R.M., Kwinta B.M., Stachura K., Gaśowski J.J. Tortuosity of the Internal Carotid Artery and Its Clinical Significance in the Development of Aneurysms. *Clin Med.* 2019; 8(2): 237. DOI: 10.3390/jcm8020237
 11. Amidzic A., Tiro N. Kinking of Bilateral Internal Carotid Arteries as Cause of Cognitive Dysfunction. *Med. Arch.* 2020; 74(1): 58–60. DOI: 10.5455/med-arh.2020.74.58-60
 12. Gray V.L., Goldberg A.P., Rogers M.W., Anthony L., Terrin M.L., Guralnik J.M., Blackwelder W.C., Lam D.F.H., Sikdar S., Lal B.K. Asymptomatic carotid stenosis is associated with mobility and cognitive dysfunction and heightens falls in older adults. *J. Vasc. Surg.* 2020; 71(6): 1930–1937. DOI: 10.1016/j.jvs.2019.09.020
 13. Van Rooij J.L.M., Takx R.A.P., Velthuis B.K., Dankbaar J.W., de Jong P.A.; DUST investigators. Coiling of the Internal Carotid Artery is Associated with Hypertension in Patients Suspected of Stroke. *Clin. Neuroradiol.* 2021; 31(2): 425–430. DOI: 10.1007/s00062-020-00892-4
 14. Elhfnawy A.M., Volkmann J., Schliesser M., Fluri F. Symptomatic vs. Asymptomatic 20–40% Internal Carotid Artery Stenosis: Does the Plaque Size Matter? *Front. Neurol.* 2019; 10: 960. DOI: 10.3389/fneur.2019.00960
 15. Paraskevas K.I., Nicolaidis A.N., Kakkos S.K. Asymptomatic Carotid Stenosis and Risk of Stroke (ACSRS) study: what have we learned from it? *Ann. Transl Med.* 2020; 8(19): 1271. DOI: 10.21037/atm.2020.02.156
 16. Smith E.E. Clinical presentations and epidemiology of vascular dementia. *Clin. Sci. (Lond).* 2017; 131: 1059–1068. DOI: 10.1042/CS20160607
 17. Kazantsev A.N., Vinogradov R.A., Erofeev A.A., Kravchuk V.N., Zharova A.S., Sorokin A.A., Shmatov D.V., Bagdavadze G.Sh., Korotkikh A.V. The Problem of the Choice of Revascularization in Combined Lesion of the Coronary and Carotid Arteries. Review of Current Recommendations and Article Series. *Russian Sklifosovsky Journal "Emergency Medical Care".* 2022; 11 (1): 147–157 (In Russ., English abstract). DOI: 10.23934/2223-9022-2022-11-1-147-157
 18. Gorican K., Chochola M., Kocik M., Zak A. Diagnostic criteria for the determination of clinically significant internal carotid artery stenosis using duplex ultrasound. *Biomed. Pap. Med. Fac. Univ. Palacky. Olomouc. Czech. Repub.* 2020; 164(3): 255–260. DOI: 10.5507/bp.2019.029
 19. Saxena A., Ng E.Y.K., Lim S.T. Imaging modalities to diagnose carotid artery stenosis: progress and prospect. *Biomed. Eng. Online.* 2019; 18(1): 66. DOI: 10.1186/s12938-019-0685-7
 20. Brouwers J.J.W.M., Jiang J.F.Y., Feld R.T., van Doorn L.P., van Wissen R.C., van Walderveen M.A.A., Hamming J.F., Schepers A. A New Doppler-Derived Parameter to Quantify Internal Carotid Artery Stenosis: Maximal Systolic Acceleration. *Ann. Vasc. Surg.* 2021; S0890-5096(21)00839-6. DOI: 10.1016/j.avsg.2021.09.056.
 21. Welby J.P., Kim S.T., Carr C.M., Lehman V.T., Rydberg C.H., Wald J.T., Luetmer P.H., Nasr D.M., Brinjikji W. Carotid Artery Tortuosity Is Associated with Connective Tissue Diseases. *AJNR Am. J. Neuroradiol.* 2019; 40(10): 1738–1743. DOI: 10.3174/ajnr.A6218
 22. Dilba K., van Dam-Nolen D.H.K., Crombag G.A.J.C., van der Kolk A.G., Koudstaal P.J., Nederkoorn P.J., Hendrikse J., Kooi M.E., van der Steen A.F.W., Wentzel J.J., van der Lugt A., Bos D. Dolichoarteriopathies of the extracranial internal carotid artery: The Plaque At RISK study. *Eur. J. Neurol.* 2021; 28(9): 3133–3138. DOI: 10.1111/ene.14982
 23. Valvano A., Bosso G., Apuzzi V., Mercurio V., Di Simone V., Panicara V., De Luca M., Tomas C., Cammarota F., Cittadini A., Oliviero U. Long-term follow-up in high risk hypertensive patients with carotid dolichoarteriopathies. *Int. Angiol.* 2020; 39(1): 24–28. DOI: 10.23736/S0392-9590.19.04229-9
 24. Sacco S., Totaro R., Baldassarre M., Carolei A. Morphological variations of the internal carotid artery: Prevalence, characteristics and association with cerebrovascular disease. *World J. Angiol.* 2007; 16(2): 59–61. DOI: 10.1055/s-0031-1278249
 25. D'Andrea A., Conte M., Cavallaro M., Scarafile R., Riegler L., Cocchia R., Pezzullo E., Carbone A., Natale F., Santoro G., Caso P., Russo M.G., Bossone E., Calabrò R. Transcranial Doppler ultrasonography: from methodology to major clinical applications. *World J. Cardiol.* 2016; 8(7): 383–400. DOI: 10.4330/wjc.v8.i7.383
 26. Blanco P., Blaivas M. Applications of transcranial color-coded sonography in the emergency department. *J. Ultrasound. Med.* 2017; 36(6): 1251–1266. DOI: 10.7863/ultra.16.04050]

ВКЛАД АВТОРОВ**Поморцев А. В.**

Разработка концепции — формирование идеи; формулировка и развитие ключевых целей и задач.

Проведение исследования — анализ и интерпретация полученных данных.

Подготовка и редактирование текста — составление черновика рукописи, его критический пересмотр с внесением ценного замечания интеллектуального содержания; участие в научном дизайне.

Утверждение окончательного варианта статьи — принятие ответственности за все аспекты работы, целостность всех частей статьи и ее окончательный вариант.

Разработка методологии — разработка методологии, создание моделей.

Визуализация — подготовка визуализации данных.

Багдасарян К. А.

Разработка концепции — развитие ключевых целей и задач.

Проведение исследования — проведение исследований, в частности, сбор данных, анализ и интерпретация полученных данных.

Подготовка и редактирование текста — участие в научном дизайне; подготовка, создание опубликованной работы.

Утверждение окончательного варианта статьи — принятие ответственности за все аспекты работы, целостность всех частей статьи и ее окончательный вариант.

Разработка методологии — разработка методологии, создание моделей.

Визуализация — подготовка визуализации данных.

Проведение статистического анализа — применение статистических методов для анализа и синтеза данных исследования.

AUTHOR CONTRIBUTIONS**Pomortsev A.V.**

Conceptualisation — concept statement; statement and development of key goals and objectives.

Conducting research — data analysis and interpretation.

Text preparation and editing — drafting of the manuscript, its critical revision with a valuable intellectual investment; contribution to the scientific layout.

Approval of the final manuscript — acceptance of responsibility for all aspects of the work, integrity of all parts of the article and its final version.

Methodology development — methodology and model development.

Visualisation — preparing data for visualisation.

Baghdasaryan K.A.

Conceptualisation — development of key goals and objectives.

Conducting research — conducting research, collection, analysis and interpretation of data.

Text preparation and editing — contribution to the scientific layout; preparation and creation of final work.

Approval of the final manuscript — acceptance of responsibility for all aspects of the work, integrity of all parts of the article and its final version.

Methodology development — methodology and model development.

Visualisation — preparing data for visualisation.

Statistical analysis - application of statistical methods for data analysis and synthesis.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Поморцев Алексей Викторович — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики, лучевой терапии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

<https://orcid.org/0000-0003-4129-3930>

Aleksey V. Pomortsev — Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Chair of Diagnostic Radiology and Radiation Therapy, Kuban State Medical University.

<https://orcid.org/0000-0003-4129-3930>

Багдасарян Карпет Акопович* — заочный аспирант кафедры лучевой диагностики, лучевой терапии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; врач ультразвуковой диагностики государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Городская поликлиника города-курорта Геленджик» Министерства здравоохранения Краснодарского края

<https://orcid.org/0000-0002-9649-2198>

Контактная информация: e-mail: kbagdasaryan.83@mail.ru; тел.: +7 (961) 507-97-44;

ул. Красных Партизан, д. 6/2, г. Краснодар, 350012, Россия.

Karapet A. Baghdasaryan* — Postgraduate Student (extramural), Chair of Diagnostic Radiology and Radiation Therapy, Kuban State Medical University; Physician (ultrasonic diagnostics), City Polyclinic of Gelendzhik City Resort.

<https://orcid.org/0000-0002-9649-2198>

Contact information: e-mail: kbagdasaryan.83@mail.ru; tel.: +7 (961) 507-97-44;

str. Krasnykh Partizan, 6/2, Krasnodar, 350012, Russia.

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author