

На правах рукописи

**Багдасарян Карапет Акопович**

**УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОЦЕНКА ЛОКАЛЬНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ  
ДЕФОРМАЦИЙ ВНУТРЕННИХ СОННЫХ АРТЕРИЙ**

3.1.25. Лучевая диагностика

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

Краснодар – 2023

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБОУ ВО «КубГМУ» МЗ РФ).

**Научный руководитель:**

Поморцев Алексей Викторович, д.м.н., профессор

**Официальные оппоненты:**

Балахонова Татьяна Валентиновна, д.м.н., профессор, группа ультразвуковых исследований сосудов отделения ультразвуковой диагностики ФГБУ «НМИЦК им. ак. Е.И. Чазова» Минздрава России, руководитель группы, главный научный сотрудник

Чечёткин Андрей Олегович, д.м.н., лаборатория ультразвуковых исследований ФГБНУ «Научный центр неврологии», заведующий лабораторией, главный научный сотрудник

**Ведущая организация:**

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Защита состоится «14» февраля 2024 года в 12:00 часов на заседании Диссертационного совета 21.3.054.06 на базе ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России по адресу: 125993, г. Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ДПО РМАНПО по адресу: 125445, г. Москва, ул. Беломорская, д. 19/38 и на сайте <http://www.rmapo.ru>

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

Ученый секретарь  
Диссертационного совета

Самсонова Любовь Николаевна

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Актуальность темы диссертационного исследования**

В структуре общей смертности населения России на первом месте смерть от болезней системы кровообращения (56,4%). В структуре причин смерти от болезней системы кровообращения, цереброваскулярные заболевания стоят на втором месте (30,9%), уступая лишь ишемической болезни сердца (52,7%) [Савина А.А. и соавт., 2021].

Среди причин развития сосудистой мозговой недостаточности на первом месте атеросклеротическое поражение сонных артерий, на втором патологическая извитость внутренней сонной артерии (ВСА). И при атеросклерозе, и при патологической извитости ВСА, с возрастом имеется тенденция к прогрессированию гемодинамических нарушений и нарастанию симптомов сосудисто-мозговой недостаточности, с высоким риском летальности и инвалидизации [Национальные рекомендации по ведению пациентов с заболеваниями брахиоцефальных артерий, 2013; Paraskevas K.I. и соавт., 2020].

Поэтому раннее выявление цереброваскулярных заболеваний одна из важнейших проблем системы здравоохранения.

### **Степень разработанности темы диссертации**

В настоящее время «золотым стандартом» при диагностике экстра- и интракраниальных поражений брахиоцефальных артерий считается рентгеноконтрастная ангиография, которая дает информацию о наличии стенозирующего процесса и нарушений хода сонных артерий [Felbaum D.R. и соавт., 2019, Ismail A. и соавт., 2023]. Более детальную информацию можно получить при помощи 3D реконструкции артерий [Tan Q. и соавт., 2021]. Недостатками этого метода являются инвазивность, использование рентгеновского излучения, использование йод содержащих контрастных веществ и невозможность оценить патологические изменения стенки сосуда.

Вышеуказанные недостатки рентгеноконтрастной ангиографии делают метод ультразвукового исследования (УЗИ) приоритетным - исследование неинвазивное, технически несложное, быстрое, недорогое, легко воспроизводимое, без лучевой нагрузки и побочных эффектов. С этим и связан тот факт, что УЗИ сонных артерий закрепило свое место как конкурентоспособный метод при диагностике атеросклеротических поражений сонных артерий [Latha S. и соавт., 2020; Saxena A. и соавт., 2019]. В настоящее время, при атеросклерозе сонных артерий, определение показаний и объема хирургического лечения возможно только на основании данных УЗИ. При недостаточности диагностической информации может быть выполнено компьютерно-томографическая ангиография (КТ-ангиография) или магнитно-резонансная ангиография (МРА) сонных артерий. А рентгеноконтрастная ангиография используется

лишь при противоречии данных полученных с помощью вышеуказанных методов [Национальные рекомендации по ведению пациентов с заболеваниями брахиоцефальных артерий, 2013, Maroufi S.F. и соавт., 2021]. Некоторые авторы констатируют, что благодаря этим неоспоримым преимуществам, большая часть каротидных эндартерэктомий в мире выполняется только на основании результатов цветного дуплексного сканирования [Hesk D. и соавт., 2021].

УЗИ предпочтительнее и при динамическом наблюдении как за больными после каротидной реконструкции, так и за неоперированными пациентами, у которых сохраняется угроза прогрессирования или осложнения процесса [Zhou F. и соавт., 2021].

Аналогичный подход применяется и при подозрении на патологическую извитость сонных артерий. В первую очередь должно быть выполнено УЗИ и КТ-ангиография или МРА сонных артерий. В случае невозможности установления диагноза с помощью этих неинвазивных методов, необходима рентгеноконтрастная ангиография [Dădârlat-Pop A. и соавт., 2022]. Трудности при УЗИ возникают лишь при исследовании дистально расположенных деформаций, не позволяющие получить полную информацию о топографо-анатомических характеристиках пораженного участка внутренних сонных артерий [Dilba K. и соавт., 2021].

Однако, в отличие от атеросклеротического поражения ВСА, отсутствуют многоцентровые исследования по диагностике и ведению пациентов с деформациями ВСА. Нет единого мнения ни о критериях, которыми оценивается гемодинамическая значимость деформаций ВСА, ни о пороговых значениях отдельных параметров.

В связи с этим особо актуально изучение патологий сонных артерий при помощи УЗИ.

**Цель исследования:** повысить диагностическую эффективность оценки локальной гемодинамики деформаций внутренних сонных артерий на основании ультразвукового исследования.

**Задачи исследования:**

1. Обосновать внедрение дополнительного ультразвукового параметра для оценки локальной гемодинамики деформаций сонных артерий (коэффициент деформации);

2. Установить значимость различных ультразвуковых параметров при оценке деформаций внутренних сонных артерий;

3. Определить диагностический критерий для отбора пациентов в группу «высокого риска возникновения нарушений мозгового кровообращения», при выявлении деформаций внутренних сонных артерий;

4. Оценить чувствительность и специфичность предложенного

критерия (коэффициент деформации) в группах сравнения.

### **Объект и предмет исследования**

Объект исследования – локальная гемодинамика у пациентов с деформациями внутренней сонной артерии.

Предмет исследования – ультразвуковые параметры оценки локальной гемодинамики при деформациях внутренних сонных артерий.

### **Научная новизна**

Предложен оригинальный ультразвуковой параметр для оценки локальной гемодинамики деформаций внутренних сонных артерий (коэффициент деформации).

Установлена диагностическая значимость коэффициента деформации для прогнозирования риска возникновения нарушений мозгового кровообращения.

Обоснована маршрутизация пациентов из амбулаторно-поликлинического звена при деформациях внутренних сонных артерий на основе ультразвукового исследования внутренних сонных артерий.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Разработана научная идея, позволяющая углубить представления об ультразвуковых параметрах для оценки локальной гемодинамики деформаций внутренних сонных артерий. Коэффициент деформации позволяет улучшить понимание о геометрических особенностях хода деформированной артерии.

Предложенный ультразвуковой параметр (коэффициент деформации) позволит повысить диагностическую эффективность оценки локальной гемодинамики деформаций внутренних сонных артерий.

В результате исследования установлено, что использование коэффициента деформации позволит улучшить отбор пациентов в группу «высокого риска возникновения нарушений мозгового кровообращения» при деформациях внутренних сонных артерий.

Использование значения коэффициента деформации, в совокупности с другими параметрами, обосновывает направление пациентов из группы высокого риска на консультацию сосудистого хирурга для решения вопроса хирургического лечения.

### **Методология и методы исследования**

Методами исследования являются: сбор анамнеза, ультразвуковое исследование сонных артерий, транскраниальное дуплексное сканирование (ТКДС) средних мозговых артерий (СМА), КТ-ангиография сонных артерий и статистический анализ полученных данных. Все исследования выполнены с соблюдением стандартов исследования, с использованием сертифицированного оборудования. Для анализа полученных результатов применялся статистический метод с использованием пакета прикладных статистических программ.

### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Ультразвуковое исследование сонных артерий является высокоинформативным методом для оценки локальной гемодинамики деформаций внутренних сонных артерий и формирования группы «высокого риска возникновения нарушений мозгового кровообращения»;

2. С помощью таких показателей дискриминантного анализа как «лямбда Уилкса» и «толерантность» установлено, что наиболее значимым и независимым показателем для оценки деформации внутренних сонных артерий является КД;

3. Использование значения  $КД \geq 2,69$ , может прогнозировать отнесение пациента к группе «высокого риска возникновения нарушений мозгового кровообращения» с чувствительностью 95,6%, специфичностью 97,7%, положительной прогностической ценностью 97,0%, отрицательной прогностической ценностью 96,6% и диагностической эффективностью 96,8%.

### **Степень достоверности и апробация результатов исследования**

Достоверность результатов исследования, обоснованность выводов и практических рекомендаций достигнута и обусловлена достаточным количеством больных (общее количество обследованных пациентов 427) и использованием современного ультразвукового сканера (SonoScape S30 pro). Степень достоверности исследования подтверждается статистической значимостью полученных результатов с использованием адекватных методов статистической обработки материала с помощью программного пакета StatSoft STATISTICA v.12.

Проведение диссертационной работы одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО КубГМУ МЗ РФ (протокол №100 от 25.06.2021 г.). Апробация диссертации состоялась на совместном заседании кафедры лучевой диагностики №1 факультета повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов и кафедры клинической фармакологии и функциональной диагностики факультета повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России 07 октября 2023 г., протокол № 4.

Основные положения диссертации представлены и обсуждены на VII Съезде специалистов ультразвуковой диагностики Юга России (г. Геленджик, 2022 г.).

### **Внедрение результатов исследования**

Практическая значимость результатов диссертационной работы подтверждается внедрением их в клиническую практику работы отделения ультразвуковой диагностики Клиники ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» МЗ РФ (акт внедрения от 11.09.2023 г.), отделения ультразвуковой диагностики ГБУЗ «Краевая клиническая больница №2» МЗ КК (акт внедрения от 19.09.2023 г.),

отделения ультразвуковой диагностики ГБУЗ «Краевая клиническая больница скорой медицинской помощи города Краснодара» МЗ КК (акт внедрения от 22.09.2023 г.), диагностического отделения ГБУЗ «Городская поликлиника города-курорта Геленджик» МЗ КК (акт внедрения от 26.09.2023 г.).

Результаты работы внедрены в учебный процесс кафедры лучевой диагностики №1 факультета повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» МЗ РФ (акт внедрения от 19.09.2023 г.).

### **Соответствие диссертации паспорту научной специальности**

Основные научные положения диссертации соответствуют п. 1. «Диагностика и мониторинг физиологических и патологических состояний, заболеваний, травм и пороков развития (в том числе внутриутробно) путем оценки качественных и количественных параметров, получаемых с помощью методов лучевой диагностики» и п. 3. «Определение информативности отдельных параметров (диагностических симптомов) и их сочетания (диагностических синдромов) для углубленного изучения этиологии, патогенеза, диагностики, эффективности лечения и исхода заболеваний, травм, патологических состояний и врожденных пороков развития (в том числе внутриутробно) с помощью методов лучевой диагностики», паспорта специальности 3.1.25. Лучевая диагностика.

### **Личный вклад автора**

Автором самостоятельно проведен аналитический обзор отечественной и зарубежной литературы по изучаемой проблеме. Автор непосредственно проводил сбор анамнеза и ультразвуковое исследование сонных артерий, согласно разработанному алгоритму, на базе ГБУЗ «Городской поликлиники города-курорта Геленджика» МЗ РФ (г. Геленджик, Краснодарский край, РФ). Автором лично выполнены обобщение и статистическая обработка результатов исследований, написан текст диссертации. Совместно с научным руководителем подготовлены печатные работы и заявка на изобретение по теме диссертации.

### **Публикации**

По материалам диссертации опубликовано 3 научные работы, все в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. По теме диссертации получен патент на изобретение: «Способ дифференциальной диагностики гемодинамического состояния сонных артерий» №2783301 от 14.12.2021.

### **Объем и структура диссертации**

Диссертация изложена на 98 страницах, состоит из введения, 3 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений, списка литературы, который включает 131 источников, из них – 29

отечественных и 102 иностранных авторов. Диссертация иллюстрирована 19 таблицами и 9 рисунками.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Материал исследования

Исследование проводилось пятью этапами.

Задача первого этапа – выявить деформации ВСА, исключить из анализа пациентов с гемодинамически значимыми стенозами ВСА, с целью исключения влияния гемодинамических нарушений связанных с наличием атеросклеротических бляшек (АСБ) при оценке локальной гемодинамики деформаций ВСА. Так же из анализа исключались пациенты с петлеобразными деформациями ВСА, из-за того, что технически невозможно подсчитать КД при данном типе деформаций.

Для выполнения задачи 427 пациентам (203 мужчинам и 224 женщинам) в амбулаторно-поликлинических условиях выполнено ультразвуковое исследование сонных артерий. Исследование выполнены на базе ГБУЗ «Городской поликлиники города-курорта Геленджика» МЗ РФ (г. Геленджик, Краснодарский край, РФ). Средний возраст мужчин в годах  $53,6 \pm 7,29$  (M $\pm$ SD), женщин  $53,8 \pm 7,21$  (M $\pm$ SD). Критерии включения - пациенты от 18 лет и старше впервые направленные на ультразвуковое исследование сонных артерий для исключения патологий сонных артерий. Критерии исключения - ранее перенесенные острые сердечно-сосудистые события (острые инфаркты миокарда, инсульты, транзиторные ишемические атаки), отказ пациента от участия в исследовании.

Результаты представлены в таблице 1.

Учитывая вышесказанное 31 пациент у которых выявлены АСБ сужающие просвет более 50% по North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial (NASCET) исключены из дальнейшего анализа.

**Таблица 1** - Результаты выявления АСБ ВСА по степени сужения по NASCET

Количество пациентов	Стенозов не выявлено	Стеноз до 50%	Стеноз более 50%
Всего (n=427)	229 (53,6%)	167 (39,1%)	31 (7,3%)

При выявлении деформаций ВСА осуществлялась ее оценка по форме и по степени нарушения локальной гемодинамики.

В таблице 2 представлена распространенность деформаций ВСА.

Учитывая вышесказанное, 10 пациентов, у которых выявлены петлеобразные деформации ВСА, исключены из дальнейшего анализа.

По результатам первого этапа сформированы 2 группы. В первую группу отобраны пациенты, у которых, по результатам ультразвукового

исследования сонных артерий, деформаций ВСА не выявлено ( $N_1=135$ ). Это группа принята за контрольную. Во вторую группу отобраны пациенты, у которых, в результате ультразвукового исследования сонных артерий, были выявлены односторонние деформации ВСА ( $N_2=85$ ).

**Таблица 2 - Распространенность деформаций ВСА**

Количество пациентов	Деформации ВСА		Деформаций ВСА не выявлено
	Петлеобразные деформации ВСА	Другие формы деформации ВСА	
n=396	10 (2,5%)	251 (63,4%)	135 (34,1%)

Задача второго этапа – обосновать внедрение нового, дополнительного ультразвукового параметра для оценки локальной гемодинамики деформаций сонных артерий (КД). Для выполнения задачи пациентам из сформированных первой и второй группы выполнено ТКДС, для оценки скоростных параметров кровотока в СМА. Изучены корреляционные связи КД с углом деформации (УД) и асимметрией кровотока по СМА.

Задача третьего этапа – разработать диагностический критерий для формирования группы «высокого риска возникновения нарушений мозгового кровообращения». Для выполнения задачи выполнен кластерный анализ всей выборки пациентов, с учетом КД, УД, турбулентности потока (ТП) в деформированном участке и пиковой скорости кровотока (ПСК) в месте максимальной ангуляции. Далее по результатам кластерного анализа проведен дискриминантный анализ.

Задача четвертого этапа сопоставить результаты, полученные при ультразвуковом исследовании с данными КТ-ангиографии. Для выполнения задачи проанализированы данные КТ-ангиографии сонных артерий у 159 пациентов.

Задача пятого этапа оценка диагностической эффективности предложенного критерия (КД). Для выполнения этой цели в рамках аналитического исследования случай-контроль были подсчитаны КД у 156 пациентов, с дальнейшим статистическим анализом полученных данных.

### **Методы исследования**

**Сбор анамнеза.** Все пациенты подробно опрашивались для выявления перенесенных ранее сердечно-сосудистых событий.

**Ультразвуковое исследование сонных артерий.** Ультразвуковое исследование сонных артерий проводилась в амбулаторных условиях (городская поликлиника). Для исследований использовался ультразвуковой сканер SonoScape S30 pro (SonoScape, Китай) (регистрационное удостоверение № РЗН 2013/1328 от 26 октября 2017 г.). Использовались линейный датчик 4,0-13,0 МГц в режиме сканирования

«сонные артерии» и конвексный датчик 2,0-5,0 МГц в режиме сканирования «сонные артерии».

При обнаружении АСБ осуществлялось оценка степени сужения просвета сосуда. Степень сужения измеряли по трем общепринятым методам (по площади, по диаметру по методам European Carotid Surgery Trial (ECST) и NASCET).

При обнаружении деформаций сонных артерий осуществлялось:

- 1) оценка локализации деформации сонных артерий;
- 2) оценка формы деформации сонных артерий;
- 3) оценка нарушения локальной гемодинамики;
- 4) подсчет КД.

1. Оценка локализации деформации сонных артерий. По локализации деформацию определяли как деформации ОСА и деформации ВСА.

2. Оценка формы деформации сонных артерий. По форме деформации определяли как С-образная деформация без острых углов, С-образная деформация с острым углом, S-образная деформация без острых углов, S-образная деформация с острыми углами, петлеобразная деформация.

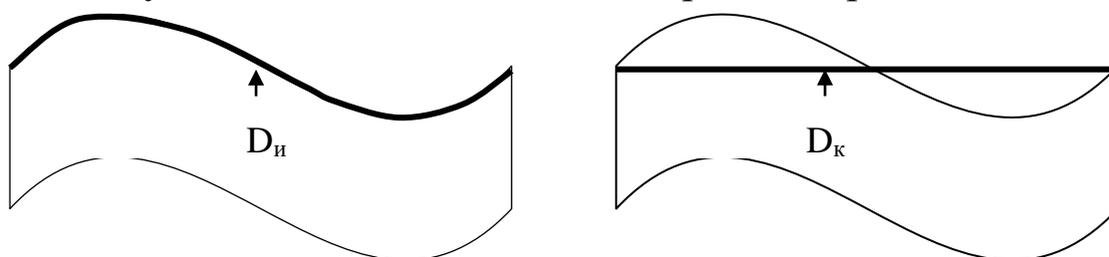
3. Оценка нарушения локальной гемодинамики. Нарушение локальной гемодинамики оценивали учитывая значения УД, наличие ТП в деформированном сосуде, значения ПСК в месте максимальной ангуляции и подсчитывая КД.

4. Подсчет КД. При обнаружении деформаций сонных артерий нами разработан дополнительный параметр для оценки локальной гемодинамики – названный нами КД. При подсчете данного коэффициента во время ультразвукового исследования трассируют длину артерии от точки начала деформации артерии до точки конца деформации артерии - полученную длину обозначают как « $D_{и}$ ». Далее определяют кратчайшее расстояние от начала до конца деформированного участка - полученную длину обозначают как « $D_{к}$ ». Это предполагаемая длина сосуда при его прямолинейном ходе. Затем рассчитывают КД как отношение  $D_{и}/D_{к}$  (формула 1, рис. 1).

$$КД = D_{и} / D_{к} \quad (1)$$

где КД - коэффициент деформации сосуда,  $D_{и}$  - длина сосуда в деформированном участке,  $D_{к}$  - длина прямой линии соединяющей точки начала и конца деформированного участка.

**Рисунок 1** – Схематическое изображение расчета КД



**Транскраниальное дуплексное сканирование СМА.** Для оценки скоростных параметров СМА проводилось ТКДС из транстемпорального доступа. ТКДС проводилось с помощью секторного фазированного датчика с частотой 2,0-3,0 МГц, в режиме «транскраниальное исследование». 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.

**КТ-ангиография сонных артерий.** КТ-ангиография проводилась на мультиспиральном компьютерном томографе Siemens SOMATOM go.NOW (Siemens, Германия) (регистрационное удостоверение № РЗН 2018/112986 от 23 июля 2020 г.), в положении лежа на спине с максимально запрокинутой головой. Сканирование проводилось от уровня дуги аорты до максимально возможного уровня в краниальном направлении.

**Статистический анализ.** Для обработки полученных в результате исследования данных и решения поставленных в диссертации задач, использовались методы описательной статистики, корреляционного анализа, кластерного анализа, дискриминантного анализа, ROC- анализ, аналитическое исследование случай-контроль, а также сравнительный и качественный анализ данных.

Для оценки значимости различий между показателями в различных группах пациентов использовались параметрический t-критерий Стьюдента и непараметрический критерий Манна-Уитни.

Для кластеризации пациентов на основании данных ультразвукового исследования использовался метод k-средних. Кластеры формируются таким образом, чтобы минимизировать суммарное квадратичное отклонение всех элементов каждого кластера от центроида этого кластера. Центроид это точка, полученная усреднением положений всех точек в кластере. В нашем случае центроид можно интерпретировать как усредненную модель «типичного пациента», относящегося к данному кластеру.

Для оценки значимости различных ультразвуковых параметров использовался метод пошагового дискриминантного анализа. В процессе анализа определяются наиболее значимые признаки, которые можно использовать для дискриминации (разделения) пациентов по кластерам. Дискриминационная функция строится последовательно. На каждом этапе оценивается вклад в функцию дискриминации параметров, которые еще не включены в модель. Параметр, дающий наибольший вклад, включается в модель, далее система переходит к следующему шагу. Для оценки результатов использовали коэффициент лямбда Уилкса (Wilks' Lambda), который показывает вклад каждого показателя в общую дискриминацию

результатов. Чем меньше значение коэффициента, тем больше вклад показателя. Показатель толерантности (Toler.) – это доля дисперсии переменной, не объясняемой другими независимыми переменными, то есть это мера независимости переменной от других переменных. Переменная со слишком низкой толерантностью вносит в модель мало информации.

Для оценки дискриминирующей способности модели оценивали расстояние Махаланобиса, которое является мерой расстояния между центральными точками в пространстве признаков классификации. Чем больше расстояние между центроидами кластеров, тем легче дискриминировать элементы и тем выше дискриминационная способность модели.

Чувствительность, специфичность, положительная прогностическая ценность, отрицательная прогностическая ценность и диагностическая эффективность метода подсчитывались с помощью стандартных формул.

Эффективность диагностического теста оценивалась посредством построения характерологической кривой - ROC-анализа, в процессе которого вычислялись показатели чувствительности и специфичности для количественных УЗ-признаков, определялись их пороговые значения для выявления точки разграничения нормы и патологии. Информативность показателей оценивалась по величине площади под кривой - ROC (AUC).

Для оценки параметров диагностического теста с предложенным критерием использовалось аналитическое исследование случай-контроль. Структура данного исследования предусматривает сравнение двух групп участников, с развившимся и не развившимся клиническим исходом, с целью выявления различий во влиянии определенных факторов на развитие этого исхода.

Сбор и первичная обработка данных производились с помощью программы Microsoft Excel 365. Кластеризация, корреляционный и дискриминантный анализ проводился с помощью программного пакета StatSoft STATISTICA v.12.

### **Основные результаты исследования и их обсуждение**

Для первичной оценки обоснованности использования КД и оценки его связи с показателями УД был проведен корреляционный анализ по методу Спирмена по всей выборке пациентов, у которых были измерены соответствующие показатели ( $n = 251$ ). Результаты представлены в таблице 3. Как видно из данных таблицы, между УД и соответствующим КД наблюдается явно выраженная положительная корреляция на уровне значимости  $p < 0,01$ . Чем больше выражен УД, тем больше значение КД.

**Таблица 3** - Коэффициенты корреляции между значениями УД и КД (n = 251, p<0,01)

Показатели	КД (право)	КД (лево)
УД (право)	0,8336	-
УД (лево)	-	0,8566

***Транскраниальное ультразвуковое исследование средних мозговых артерий***

По результатам первого этапа исследования сформированы 2 группы. В первую группу отобраны пациенты, у которых, по результатам ультразвукового исследования деформаций ВСА не выявлено. Это группа принята за контрольную. Во вторую группу отобраны пациенты, у которых, в результате ультразвукового исследования сонных артерий, были выявлены односторонние деформации ВСА.

Вторым этапом исследования этим пациентам выполнено ТКДС СМА, с целью оценки региональной гемодинамики деформаций ВСА. Асимметрия скорости кровотока по СМА более чем 30% считали признаком региональной гемодинамической значимости деформаций. Целью данного этапа исследования было выявление корреляционной связи между значениями КД и асимметрией кровотока в СМА.

В контрольную группу вошли 135 пациентов. Во вторую группу вошли 85 пациентов.

Распределение пациентов по полу и возрасту в обеих группах представлено в таблице 4.

**Таблица 4** - Распределение пациентов по полу и возрасту

Группа	Число обследуемых	Возраст (M±SD).	Пол	
			Муж.	Жен.
1 группа - (контрольная)	135	43±11,7	63 (47%)	72 (53%)
2 группа	85	62±15,5	41 (48%)	44(52%)

Из таблиц 4 видно, что распределение пациентов по полу в группах существенно не различаются.

***Анализ корреляции показателей КД и величины асимметрии кровотока в СМА***

Для пациентов 1 и 2 группы рассчитывали асимметрию кровотока в СМА.

Исследовали распределение показателей асимметрии кровотока в СМА в группах 1 и 2 на соответствие нормальному закону распределения. Анализ распределений показывал, что они довольно близки к нормальным,

хотя и имеют ряд отклонений. В группе 1 ( $N_1=135$ ) среднее значение показателя асимметрии кровотока, составляет 14,3%. Среднеквадратичное отклонение  $S=4,38$ . В группе 2 ( $N_2=85$ ) среднее значение показателя асимметрии кровотока, составляет 25,2%. Среднеквадратичное отклонение  $S=6,94$ .

Ввиду не полного соответствия групп 1 и 2 нормальному распределению, для оценки значимости различий в показателях асимметрии кровотока в СМА в группах 1 и группы 2 был использован непараметрический критерий Манна-Уитни, который подходит для выборок с распределением, отличным от нормального (таблица 5).

**Таблица 5** - Результаты расчета критерия Манна-Уитни для показателя асимметрии кровотока в СМА в группах 1 и 2

Показатель	Значение
Сумма рангов $T_1$	1089
Сумма рангов $T_2$	1761
Значение критерия U	99
Уровень значимости p	<0,01

Таким образом, анализ 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  $K_C = 0,89$ , что соответствует значимой положительной корреляции (чем выше коэффициент деформации, тем более выражена асимметрия кровотока) на уровне значимости  $p < 0,01$ .

***Разработка диагностического критерия для формирования группы «высокого риска возникновения нарушений мозгового кровообращения»***

Третьим этапом исследования является разработка диагностического критерия для формирования «группы высокого риска возникновения нарушений мозгового кровообращения».

Для выполнения этой задачи была выполнена кластеризация пациентов из генеральной выборки ( $N = 386$ ) на основании четырех показателей полученных при ультразвуковом исследовании: КД, УД, ТП и ПСК. Для кластеризации использовался метод k-средних.

В ходе кластеризации было сформировано 3 кластера, результаты кластеризации приведены в таблице 6.

Для оценки значимости различий показателей КД у пациентов из разных кластеров был использован t-критерий Стьюдента. Результаты анализа приведены в таблице 7.

**Таблица 6** - Значения показателей центроидов выявленных кластеров

Кластер	КД	УД	ТП	ПСК	Число элементов	Доля, %
1	1,00	180	0	1	135	35,0
2	1,34	98	0	1	172	44,5
3	2,26	47	1	2	79	20,5

Где КД – значение коэффициента деформации, УД – значение угла деформации, ТП 0 – отсутствие турбулентности в деформированном участке, ТП 1 – наличие турбулентности в деформированном участке, ПСК 1 – ПСК в месте максимальной ангуляции менее 150 см/сек, ПСК 2 – ПСК в месте максимальной ангуляции более 150 см/сек.

**Таблица 7** - Значения критерия Стьюдента (Т) и уровень значимости (р) для показателей КД в различных кластерах.

Номер кластера	Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3
Кластер 1	–	Т = 16,5 р < 0,001	Т = 18,9 р < 0,001
Кластер 2	Т = 16,5 р < 0,001	–	Т = 10,5 р < 0,001
Кластер 3	Т = 18,9 р < 0,001	Т = 10,5 р < 0,001	–

Из данных таблицы видно, что между показателями КД по всем парам кластеров существуют значимые различия на уровне  $p < 0,001$ .

Характеристики полученных кластеров необходимо проанализировать и интерпретировать полученные результаты.

Интерпретация полученных кластеров:

1) Кластер 1. Характеристики центроида: КД – 1,00, УД – 180, отсутствие турбулентности, ПСК – ниже 150 см/сек. В этот кластер попали 135 человек (35,0% от всей выборки), которых можно охарактеризовать как пациентов с низким риском возникновения сосудистой мозговой недостаточности (здоровые).

2) Кластер 2. Характеристики центроида: КД – 1,34, УД – 98, отсутствие турбулентности, ПСК – ниже 150 см/сек. В этот кластер попали 172 пациента (44,5% от всей выборки), которых можно отнести к группе пациентов со средним риском возникновения сосудистой мозговой недостаточности.

3) Кластер 3. Характеристики центроида: КД – 2,26, УД – 47, наличие турбулентности, ПСК – выше 150 см/сек. В этот кластер попали 79 пациентов (20,5% от всей выборки), которых можно отнести к группе

пациентов с высоким риском возникновения сосудистой мозговой недостаточности.

Сформированные таким образом кластеры хорошо соотносятся со стандартной классификацией, принятой при маршрутизации пациентов любой патологии (пациенты с низким, средним и высоким риском).

Для оценки дискриминационной способности полученной модели определим попарно расстояния Махаланобиса между центроидами классификационных групп (таблица 8).

**Таблица 8** - Значение расстояния Махаланобиса между центроидами классификационных групп

Номер кластера	Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3
Кластер 1	0,00000	11,67870	37,16631
Кластер 2	11,67870	0,00000	9,44159
Кластер 3	37,16631	9,44159	0,00000

Значения, приведенные в таблице 8, соответствуют уровню значимости  $p < 0,001$ , что указывает на высокую дискриминирующую способность построенной модели.

Далее для оценки использованных показателей был проведен дискриминантный анализ, позволяющий определить вклад каждого показателя в общую дискриминацию результатов диагностики.

В процессе пошагового анализа были получены следующие результаты (таблица 9).

**Таблица 9** - Результаты дискриминантного анализа в общей выборке (N=386)

Переменные	Показатели			
	Wilks' Lambda	Partial	Toler.	p
КД	0,26	0,59	0,67	0,001
УД	0,30	0,64	0,58	0,001
ТК	0,36	0,77	0,38	0,001
ПСК	0,32	0,65	0,46	0,001

Все указанные показатели имеют небольшое значение лямбды Уилкса, что говорит об их высоком вкладе в дискриминацию, однако у КД она наименьшая (0,26), что говорит о том, что КД самый значимый из параметров. Показатели УД, ТК и ПСК имеют более высокое значение лямбды Уилкса (0,30, 0,36 и 0,32 соответственно), но, тем не менее, поскольку их значения достаточно низки, они тоже считаются значимыми показателями.

Анализ показателя «толерантность» показывает, что наиболее независимым показателем в данной модели выступает КД (0,67). Показатели УД, ТК и ПСК имеют более низкое значение толерантности (0,58, 0,38 и 0,46 соответственно), но, тем не менее, поскольку их толерантность достаточно велика, они тоже были включены в функцию дискриминации.

Так как выше было показано, что между КД и УД есть явно выраженная положительная корреляция, для сравнения эффективности каждого из показателей (КД и УД) как диагностический инструмент при отнесении пациента к группе высокого риска проведен анализ операционных характеристологических кривых наблюдателя (ROC-анализ). В процессе анализа производился расчет площади под ROC-кривой, порогового значения, которое показывает точку отсечения значений признака, выше или ниже которой находится диапазон значений, указывающих с определенной вероятностью на наличие «высокого риска развития нарушений мозгового кровообращения». Считается, что чем больше показатель AUC, тем лучшей прогностической силой характеризуется модель. Чем выше значение площади под ROC-кривой, тем лучше качество модели. Однако следует отметить, что показатель AUC предназначен больше для сравнительного анализа моделей с вышеуказанными двумя показателями (КД и УД) и не содержит никакой информации о чувствительности и специфичности модели.

Результаты анализа приведены в таблице 10.

**Таблица 10** – Эффективность параметров КД и УД с помощью ROC-анализа

Показатель	Площадь под кривой ROC (AUC)	Пороговое значение	p
КД	0,987	2,69	0,001
УД	0,930	44°	0,001

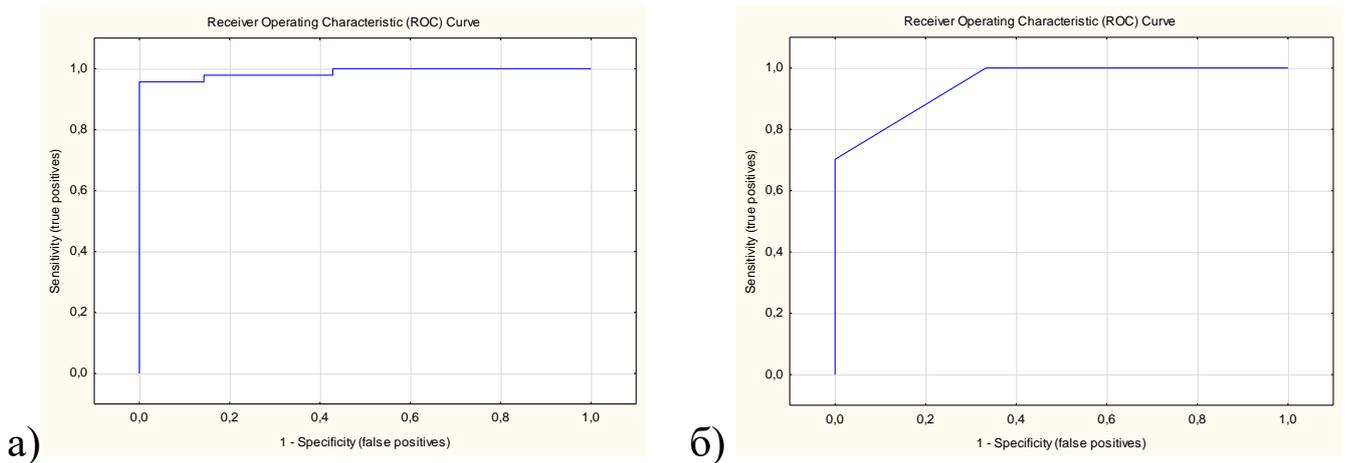
Графические изображения ROC-кривых представлены на рис. 2а и 2б.

Результаты ROC-анализа показали более высокое качество диагностики с использованием КД, так как показатель AUC (площадь под кривой) у метода с новым параметром (КД) равен 0,987, что выше аналогичного показателя 0,930 у традиционного метода (с параметром УД).

Подытожив можно сказать, что учитывая более низкое значение лямбда Уилкса, более высокое значение толерантности и более высокое значение AUC можно сделать вывод, что КД как диагностический инструмент лучше УД. Пороговым значением КД для отнесения пациента

к группе «высокого риска возникновения нарушений мозгового кровообращения» является  $KД \geq 2,69$ . Пороговым значением УД для отнесения пациента к группе высокого риска возникновения нарушений мозгового кровообращения является  $УД \leq 44^\circ$ .

**Рисунок 2.** – а) ROC-кривая для метода диагностики на основе КД (площадь под кривой  $AUC = 0,987$ ), б) ROC-кривая для метода диагностики на основе УД (площадь под кривой  $AUC = 0,930$ )



### ***Сопоставление полученных результатов с данными КТ-ангиографии***

Четвертым этапом исследования, для сопоставления результатов, полученных при ультразвуковом исследовании и КТ-ангиографии, проанализированы данные КТ-ангиографии сонных артерий у 159 пациентов.

Из кластера 1 (низкий риск возникновения нарушений мозгового кровообращения) 31 пациенту (23%), у которых отмечались выраженные жалобы общемозговой симптоматики, в рамках дообследования выполнена КТ-ангиография сонных артерий. У всех 31 пациентов подтвердилось отсутствие деформаций ВСА.

Из кластера 2 (средний риск возникновения нарушений мозгового кровообращения) 49 пациентам (28,5%), у которых отмечались выраженные жалобы общемозговой симптоматики, в рамках дообследования выполнена КТ-ангиография сонных артерий. У 46 пациентов (93,9%) подтвердилось наличие деформаций ВСА. У 2 (4,1%) пациента по результатам КТ-ангиографии деформация ВСА была расценена как деформация под более острыми углами, вследствие чего пациент был отнесен к группе высокого риска. У 1 (2%) пациента не подтвердилось наличие деформации ВСА.

Из кластера 3 (высокий риск возникновения нарушений мозгового кровообращения), всем 79 пациентам (100%) для верификации полученных результатов, в рамках дообследования была выполнена КТ-

ангиография сонных артерий. У 76 пациентов (96,2%) подтвердилось наличие деформаций ВСА. У 3 (3,8%) пациентов деформация ВСА была расценена как деформация под более тупыми углами, вследствие чего пациент был отнесен к группе среднего риска.

Для оценки ультразвукового исследования как диагностический тест были подсчитаны следующие параметры. ИПС - 122 случая, ИОС - 31 случая, ЛПС - 4 случая, ЛОС - 2 случая. Результаты подсчета чувствительности, специфичности, положительной прогностической ценности, отрицательной прогностической ценности и диагностической эффективности ультразвукового метода приведены ниже:

Чувствительность =  $122/(122+2)*100\%= 98,4\%$ ;

Специфичность =  $31/(31+4)*100\%= 88,6\%$ ;

Положительная прогностическая ценность =  $122/(122+4)*100\%= 96,8\%$ ;

Отрицательная прогностическая ценность =  $31/(31+2)*100\%= 93,9\%$ ;

Диагностическая эффективность =  $(122+31)/(122+31+2+4)*100\%= 96,2\%$ .

Подытожив можно сказать, что ультразвуковой метод может выявить деформации ВСА с чувствительностью 98,4%, специфичностью 88,6%, положительной прогностической ценностью 96,8%, отрицательной прогностической ценностью 93,9% и диагностической эффективностью 96,2%.

### ***Оценка диагностической эффективности предложенного критерия ( $КД \geq 2,69$ )***

Последним этапом исследования явилось оценка диагностической эффективности предложенного критерия ( $КД \geq 2,69$ ) для отбора пациентов в группу «высокого риска возникновения нарушений мозгового кровообращения».

Для этой цели проведено аналитическое исследование случай-контроль в двух группах сравнения. В первую группу вошли 67 пациентов, которые в период с 2015 по 2020 гг. были прооперированы на базе ГБУЗ «Краевая клиническая больница №2» МЗ КК по поводу деформаций ВСА. Во вторую группу вошли 89 пациентов, которые в периоде с 2015 по 2020 гг. наблюдались на базе ГБУЗ «Краевая клиническая больница №2» МЗ КК по поводу деформаций ВСА. Хирургическое вмешательство пациентам из второй группы не было предложено, учитывая отсутствие «высокого риска возникновения нарушений мозгового кровообращения».

Критериями включения в аналитическое исследование (группы сравнения) были наличие выполненного ультразвукового исследования сонных артерий, с выявлением деформаций ВСА и с сохранением данных ультразвукового исследования и наличие верификации полученных ультразвуковых данных КТ-ангиографией сонных артерий.

Распределение пациентов по полу и возрасту представлено в таблице 11.

**Таблица 11** - Распределение пациентов по полу и возрасту

Группа	Число обследуемых	Возраст (M±SD).	Пол	
			Муж.	Жен.
1	67	67±11,7	29 (43%)	38 (57%)
2	89	61±12,1	42 (47%)	47 (53%)

Для проверки УД как диагностического инструмента для отнесения пациента к группе «высокого риска возникновения нарушений мозгового кровообращения» у всех пациентов из обеих групп были подсчитаны УД. Критерием отнесения пациента к группе высокого риска было использовано значение  $УД \leq 44^\circ$ .

Учитывая вышеуказанный критерий 63 пациентов (94,0%) из 1 группы были отнесены к группе высокого риска. 4 пациента (6,0%) не были отнесены к группе высокого риска.

Учитывая вышеуказанный критерий 85 пациентов (95,5%) из 2 группы не были отнесены к группе высокого риска. 4 пациента (4,5%) были отнесены к группе высокого риска. Результаты представлены в таблице 12.

**Таблица 12** – Результаты отнесения пациентов к группе высокого риска (критерий - значение  $УД \leq 44^\circ$ )

Группа	Число обследуемых	Отнесение к группе высокого риска	
		Да	Нет
1	67	63 (94,0%)	4 (6,0%)
2	89	4 (4,5%)	85 (95,5%)

Для оценки УД как диагностический тест были подсчитаны следующие параметры. ИПС - 63 случая, ИОС - 85 случая, ЛПС - 4 случая, ЛОС - 4 случая. Результаты подсчета чувствительности, специфичности, положительной прогностической ценности, отрицательной прогностической ценности и диагностической эффективности ультразвукового метода приведены ниже:

$$\text{Чувствительность} = 63/(63+4)*100\% = 94,0\%;$$

$$\text{Специфичность} = 85/(85+4)*100\% = 95,5\%;$$

$$\text{Положительная прогностическая ценность} = 63/(63+4)*100\% = 94,0\%;$$

$$\text{Отрицательная прогностическая ценность} = 85/(85+4)*100\% = 95,5\%;$$

$$\text{Диагностическая эффективность} = (63+85)/(63+85+4+4)*100\% = 94,9\%.$$

Подытожив можно сказать, что значение  $УД \leq 44^\circ$  при обнаружении деформаций ВСА может прогнозировать отнесение пациента к группе

«высокого риска возникновения нарушений мозгового кровообращения» с чувствительностью 94,0%, специфичностью 95,5%, положительной прогностической ценностью 94,0%, отрицательной прогностической ценностью 95,5% и диагностической эффективностью 94,9%.

Для проверки КД как диагностического инструмента для отнесения пациента к группе «высокого риска возникновения нарушений мозгового кровообращения» у всех пациентов из обеих групп были подсчитаны КД. Критерием отнесения пациента к группе высокого риска было использовано значение  $KD \geq 2,69$ .

Учитывая вышеуказанный критерий 65 пациентов (97,0%) из 1 группы были отнесены к группе высокого риска. 2 пациента (3,0%) не были отнесены к группе высокого риска.

Учитывая вышеуказанный критерий 86 пациентов (96,6%) из 2 группы не были отнесены к группе высокого риска. 3 пациента (3,4%) были отнесены к группе высокого риска. Результаты представлены в таблице 13.

**Таблица 13** – Результаты отнесения пациентов к группе высокого риска (критерий -  $KD \geq 2,69$ )

Группа	Число обследуемых	Отнесение к группе высокого риска	
		Да	Нет
1	67	65 (97,0%)	2 (3,0%)
2	89	3 (3,4%)	86 (96,6%)

Для оценки КД как диагностический тест были подсчитаны следующие параметры. ИПС - 65 случая, ИОС - 86 случая, ЛПС - 2 случая, ЛОС - 3 случая. Результаты подсчета чувствительности, специфичности, положительной прогностической ценности, отрицательной прогностической ценности и диагностической эффективности ультразвукового метода приведены ниже:

$$\text{Чувствительность} = 65/(65+3)*100\% = 95,6\%;$$

$$\text{Специфичность} = 86/(86+2)*100\% = 97,7\%;$$

$$\text{Положительная прогностическая ценность} = 65/(65+2)*100\% = 97,0\%;$$

$$\text{Отрицательная прогностическая ценность} = 86/(86+3)*100\% = 96,6\%;$$

$$\text{Диагностическая эффективность} = (65+86)/(65+86+3+2)*100\% = 96,8\%.$$

Подытожив можно сказать, что значение  $KD \geq 2,69$  при обнаружении деформаций ВСА может прогнозировать отнесение пациента к группе «высокого риска возникновения нарушений мозгового кровообращения» с чувствительностью 95,6%, специфичностью 97,7%, положительной прогностической ценностью 97,0%, отрицательной прогностической ценностью 96,6% и диагностической эффективностью 96,8%.

Сравнительная характеристика статистических показателей для УД и КД приведена в таблице 14.

**Таблица 14** – Сравнительная характеристика статистических показателей для УД и КД как диагностического инструмента

Параметр	УД	КД
Чувствительность	94,0%	95,6%
Специфичность	95,5%	97,7%
Положительная прогностическая ценность	94,0%	97,0%
Отрицательная прогностическая ценность	95,5%	96,6%
Диагностическая эффективность	94,9%	96,8%

Следовательно, для отнесения пациента к группе «высокого риска возникновения нарушений мозгового кровообращения», использование КД как диагностический инструмент вместо УД позволила улучшить чувствительность ультразвукового метода на 1,6%, специфичность на 2,2%, положительную прогностическую ценность на 3,0%, отрицательную прогностическую ценность на 1,1% и диагностическую эффективность на 1,9%,

Учитывая высокую чувствительность и специфичность метода, пациенты из «группы высокого риска» (значение КД  $\geq 2,69$ ) должны направляться на консультацию сосудистого хирурга для решения вопроса хирургического лечения.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Выполнена оценка различных ультразвуковых параметров при оценке локальной гемодинамики при деформациях ВСА.

В результате решения поставленной цели и задач доказана необходимость использования КД при оценке локальной гемодинамики деформированных ВСА. КД, являясь дополнительным параметром, позволит повысить объективность оценки локальной гемодинамики деформаций ВСА.

Внедрение в практику результатов исследования позволяет повысить диагностическую эффективность оценки локальной гемодинамики деформаций ВСА и улучшит отбор пациентов в группу «высокого риска возникновения нарушений мозгового кровообращения» при деформациях ВСА.

### **Выводы**

1. Ультразвуковое исследование сонных артерий с определением коэффициента деформации позволяет повысить диагностическую эффективность метода для оценки локальной гемодинамики деформаций внутренних сонных артерий на 1,9%.

2. Предложенный оригинальный ультразвуковой параметр – коэффициент деформации, позволяет исследовать геометрические особенности хода деформированной артерии и является дополнительным критерием оценки локальной гемодинамики деформаций внутренних сонных артерий.

3. На основании дискриминантного анализа было получено, что наиболее информативным показателем при оценке локальной гемодинамики деформаций внутренних сонных артерий является коэффициент деформации (значение «лямбда Уилкса» равно 0,26, значение «толерантности» равно 0,67), а наименее информативным показателем является турбулентность кровотока (значение «лямбда Уилкса» равно 0,36, значение «толерантности» равно 0,38).

4. При обнаружении деформаций внутренних сонных артерий предложенный диагностический критерий  $KD \geq 2,69$  может прогнозировать отнесение пациента к группе «высокого риска возникновения нарушений мозгового кровообращения» с чувствительностью 95,6% и специфичностью 97,7%. Пациенты из группы высокого риска должны направляться на консультацию сосудистого хирурга для решения вопроса хирургического лечения.

5. При сопоставлении результатов в группах сравнения было получено, что использование предложенного критерия ( $KD \geq 2,69$ ) позволяет повысить чувствительность метода на 1,6%, а специфичность метода на 2,2%.

### **Практические рекомендации**

Ультразвуковое исследование внутренних сонных артерий наряду с оценкой общепринятых параметров должно дополняться определением коэффициента деформации.

При обнаружении деформаций внутренних сонных артерий использовать предложенный диагностический критерий  $KD \geq 2,69$  для отнесения пациента к группе «высокого риска возникновения нарушений мозгового кровообращения». Пациентов из группы высокого риска направить на консультацию сосудистого хирурга для решения вопроса хирургического лечения.

### **Перспективы дальнейшей разработки темы**

Ультразвуковые параметры оценки локальной гемодинамики деформаций внутренних сонных артерий требуют дальнейшего изучения. Полученные результаты исследования позволяют определить перспективы дальнейшей разработки темы:

- продолжать исследование роли коэффициента деформации, изучив его значимость при оценке локальной гемодинамики деформаций внутренних сонных артерий у детей;
- разработать локальные протоколы ультразвукового исследования сонных

артерий, с включением коэффициента деформации;  
 - необходим поиск новых дополнительных параметров оценки локальной гемодинамики деформаций внутренних сонных артерий.

## **СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

1. Багдасарян К.А. Ультразвуковая диагностика патологий сонных артерий / А.В. Поморцев, В.И. Шевелёв, К.А. Багдасарян // **Russian Electronic Journal of Radiology**. - 2020. - Т. 10. - № 2. - С. 195-204; 10/3.6 с. ИФ - 0,528.

2. Багдасарян К.А. Дополнительные возможности ультразвукового исследования при оценке локальных гемодинамически значимых деформаций сонных артерий: одномоментное наблюдательное исследование / А.В. Поморцев, К.А. Багдасарян // **Кубанский научный медицинский вестник**. - 2022. - Т. 29. - № 3. - С. 30-45; 16/8.5 с. ИФ - 0,561.

3. Багдасарян К.А. Ультразвуковые параметры оценки локальной гемодинамики деформаций внутренних сонных артерий / А.В.Поморцев, К.А. Багдасарян, А.Н. Сенча // **Инновационная медицина Кубани**. - 2023. - Т. 26. - № 2. - С. 40–46; 7/2.2 с. ИФ - 0,391.

4. Патент №2783301, Российская Федерация. Способ дифференциальной диагностики гемодинамического состояния сонных артерий / Поморцев А.В., Багдасарян К.А.; заявители и патентообладатели Поморцев А.В., Багдасарян К.А. - заяв. № 2021137029 от 14.12.2021; опубл. 11.11.2022.

## **СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ**

**АСБ** – атеросклеротическая бляшка

**ВСА** - внутренняя сонная артерия

**КД** - коэффициент деформации

**КТ- ангиография**- компьютерно-томографическая ангиография

**МРА** - магнитно-резонансная ангиография

**ПСК** - пиковая скорость кровотока

**СМА** - средняя мозговая артерия

**ТКДС** - транскраниальное дуплексное сканирование

**ТП** – турбулентность потока

**УД** - угол деформации

**УЗИ** - ультразвуковое исследование

**ECST** - European Carotid Surgery Trial

**NASCET** - North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial