

ЭХОГРАФИЯ ОБЩЕЙ СОННОЙ АРТЕРИИ В ОЦЕНКЕ ПРОГНОЗА РИСКА РАЗВИТИЯ ИШЕМИЧЕСКОГО ИНСУЛЬТА У БОЛЬНЫХ С САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ 2 ТИПА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ).

Лалита Ринатовна Юнусова,

Профессор, д.м.н.,

кафедра онкологии и медицинской радиологии,

Ташкентский государственный медицинский университет.

Парвин Неймат кизи Бабаева,

Ассистент кафедры онкологии и медицинской радиологии,

свободный соискатель

Ташкентского государственного медицинского университета.

Аннотация. Эхография общей сонной артерии представляет собой высокоинформативный, неинвазивный и доступный метод оценки сосудистых изменений у пациентов с сахарным диабетом 2 типа. Увеличение толщины комплекса интима–медиа и наличие атеросклеротических бляшек служат важными маркерами повышенного риска ишемического инсульта и сердечно-сосудистых осложнений. Особое значение эхографическое исследование имеет у бессимптомных пациентов для раннего выявления уязвимых бляшек и своевременной стратификации риска. Использование современных методов визуализации, таких как дуплексное сканирование, МРТ- и КТ-ангиография, способствует более точной оценке морфологических и гемодинамических характеристик сосудистой стенки. Таким образом, эхография сонных артерий является важным инструментом в системе профилактики инсульта и кардиоваскулярных событий у больных с сахарным диабетом 2 типа.

Ключевые слова. эхография сонных артерий, толщина интима–медиа, бляшки, сахарный диабет 2 типа, ишемический инсульт, сердечно-сосудистый риск.

ULTRASONOGRAPHY OF THE COMMON CAROTID ARTERY IN ASSESSING THE RISK OF ISCHEMIC STROKE IN PATIENTS WITH TYPE 2 DIABETES MELLITUS (LITERATURE REVIEW).

Lalita Rinatovna Yunusova,

Professor, Doctor of Medical Sciences,

Department of Oncology and Medical Radiology,

Tashkent State Medical University.

Parvin Neymat qizi Babayeva,

Assistant of the Department of Oncology and Medical Radiology,

Independent Researcher of the Tashkent State Medical University.

Abstract. Ultrasonography of the common carotid artery is a highly informative, non-invasive, and accessible method for evaluating vascular changes in patients with type 2 diabetes mellitus. An increase in intima–media thickness and the presence of atherosclerotic plaques serve as important markers of an elevated risk of ischemic stroke and cardiovascular complications. Ultrasonographic examination is particularly significant in asymptomatic patients for the early detection of vulnerable plaques and timely risk stratification. The use of modern imaging

techniques, such as duplex scanning, MRI, and CT angiography, allows for a more accurate assessment of the morphological and hemodynamic characteristics of the vascular wall. Thus, carotid artery ultrasonography is an important tool in the prevention of stroke and cardiovascular events in patients with type 2 diabetes mellitus.

Keywords: carotid artery ultrasonography, intima–media thickness, plaques, type 2 diabetes mellitus, ischemic stroke, cardiovascular risk.

2-TUR QANDLI DIABET BILAN OG‘RIGAN BEMORLARDA ISHEMIK INSULT RIVOJLANISH XAVFINI OLDINDAN BAHOLASHDA UMUMIY UYQU ARTERIYASINING EXOGRAFIYASI. (Adabiy tadqiq).

**Lalita Rinatovna Yunusova,
Professor, tibbiyot fanlari doktori,
Onkologiya va tibbiy radiologiya kafedrasi,
Toshkent davlat tibbiyot universiteti.**

**Parvin Neymat qizi Babayeva,
Onkologiya va tibbiy radiologiya kafedrasi assistenti,
Toshkent davlat tibbiyot universitetining mustaqil izlanuvchisi.**

Annotatsiya. Umumiy bo‘yn arteriyasining ultratovush tekshiruvi 2-tur qandli diabet bilan og‘rigan bemorlarda qon tomir o‘zgarishlarini baholash uchun yuqori ma’lumotli, invaziv bo‘lmagan va qulay usul hisoblanadi. Intima–media qalinligining oshishi va aterosklerotik plaklarning mavjudligi ishemiya insulti va yurak-qon tomir asoratlari rivojlanish xavfi yuqori ekanligining muhim belgilaridir. Ultrasonografik tekshiruv, ayniqsa, simptomlarsiz bemorlarda zaif plaklarni erta aniqlash va xavfni vaqtida stratifikatsiya qilish uchun katta ahamiyatga ega. Dupleks skanerlash, MRT va KT-angiografiya kabi zamonaviy tasvirlash usullaridan foydalanish qon tomir devorining morfologik va gemodinamik xususiyatlarini aniqroq baholash imkonini beradi. Shu bilan umumiy bo‘yn arteriyaning ultratovush tekshiruvi 2-tur qandli diabet bilan og‘rigan bemorlarda insult va yurak-qon tomir hodisalarini oldini olishda muhim vosita hisoblanadi.

Kalit so‘zlar: bo‘yn arteriyasining ultratovush tekshiruvi, intima–media qalinligi, plaklar, 2-tur qandli diabet, ishemik insult, yurak-qon tomir xavfi.

Распространенность ишемического инсульта у больных с сахарным диабетом 2 типа в последние годы значительно возросла, что отражает тесную взаимосвязь между метаболическими нарушениями и сосудистыми катастрофами. По данным эпидемиологических исследований, у пациентов с сахарным диабетом риск развития ишемического инсульта в 2–4 раза выше, чем у лиц без нарушений углеводного обмена. Учитывая рост распространенности диабета во всем мире, доля инсультов, ассоциированных с этим заболеванием, продолжает увеличиваться и, по некоторым данным, составляет до 20–30% всех случаев ишемического инсульта. Патогенетической основой этого является сочетание хронической гипергликемии, инсулинорезистентности, дислипидемии и эндотелиальной дисфункции, что ускоряет развитие атеросклеротических поражений мозговых и сонных артерий. Особенно высок риск инсульта у пациентов с длительным течением диабета, артериальной гипертензией и выраженным атеросклеротическим поражением сосудов шеи. Современные неинвазивные методы визуализации сосудистой системы позволяют комплексно оценивать состояние сонных артерий и параметры, отражающие атеросклеротическое поражение, без необходимости проведения инвазивных вмешательств. Так, ультразвуковое исследование

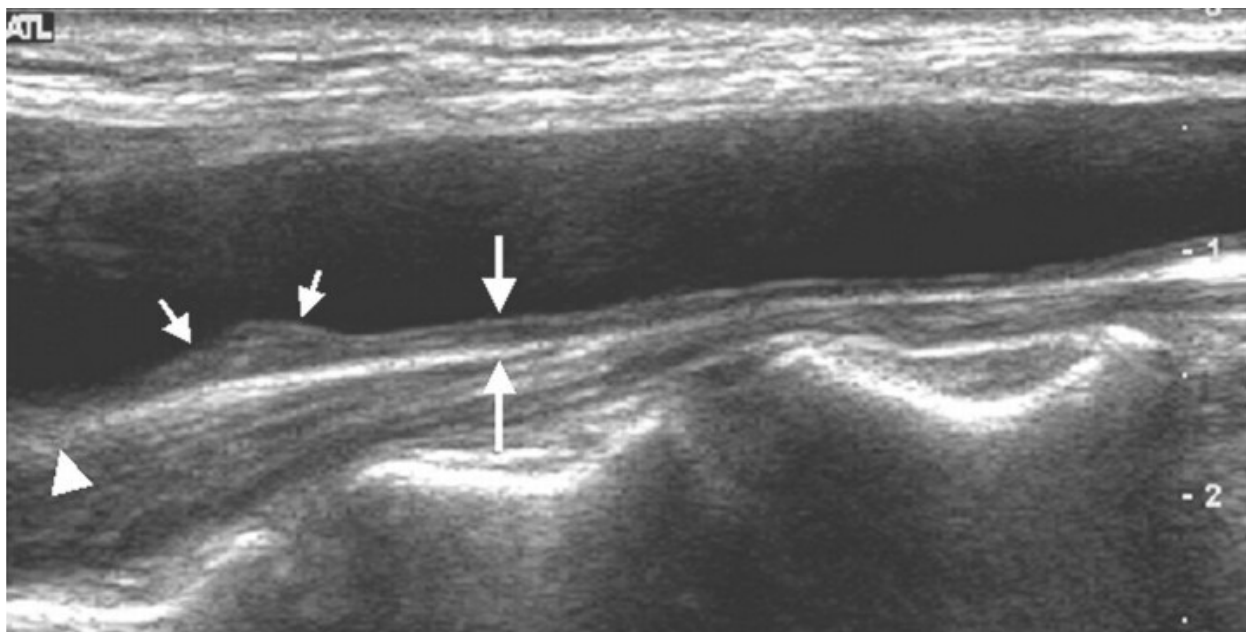
(УЗИ) сонных артерий является методом выбора для оценки толщины комплекса интима–медиа (КИМ), наличия и характеристик атеросклеротических бляшек, а также степени стеноза. Этот метод сочетает в себе безопасность, доступность и высокую диагностическую точность при скрининге и динамическом наблюдении пациентов с сахарным диабетом 2 типа. В то же время доплеровские методики, включая цветное и энергетическое доплеровское картирование, позволяют оценить не только анатомические, но и гемодинамические параметры — линейную скорость кровотока, турбулентность и индекс резистентности, что особенно важно для раннего выявления сосудистых нарушений. Магнитно-резонансная ангиография (МРА) и компьютерная томографическая ангиография (КТА) применяются для детальной визуализации сосудистого русла, уточнения степени стенозирования и структуры бляшек, но из-за стоимости и радиационной нагрузки используются преимущественно в сложных диагностических случаях. Таким образом, ультразвуковая визуализация сонных артерий занимает центральное место в оценке риска развития ишемического инсульта у больных с сахарным диабетом 2 типа, обеспечивая оптимальное сочетание информативности, безопасности и доступности. [1]

В настоящее время сахарный диабет диагностирован более чем у 463 миллионов человек по всему миру, и это число продолжает расти. Заболевание сопровождается развитием как микрососудистых осложнений — диабетической нефропатии, нейропатии и ретинопатии, — так и макрососудистых, к которым относятся ишемическая болезнь сердца, заболевание периферических артерий и инсульт. Рост распространённости диабета приводит к увеличению частоты этих осложнений, что значительно ухудшает качество жизни пациентов и повышает нагрузку на систему здравоохранения.

Микроангиопатические поражения при диабете могут приводить к тяжёлым последствиям, включая хроническую почечную недостаточность, потерю зрения и поражение периферических нервов. Макро- и микрососудистые осложнения считаются основными причинами инвалидизации и смертности как при сахарном диабете 1 типа (СД1), так и при сахарном диабете 2 типа (СД2). Поэтому раннее выявление факторов, способствующих их развитию, имеет ключевое значение для профилактики тяжёлых сосудистых событий.

Одним из наиболее информативных и доступных методов оценки сосудистых изменений является ультразвуковое исследование сонных артерий. Этот неинвазивный, точный и экономически эффективный метод широко применяется в клинической практике для оценки риска сердечно-сосудистых осложнений. Многочисленные исследования показали, что параметры, определяемые при ультразвуковом исследовании сонных артерий, тесно связаны с наличием и выраженностью как микро-, так и макрососудистых осложнений у пациентов с диабетом. В частности, установлена достоверная ассоциация между увеличением толщины комплекса интима–медиа сонной артерии и развитием диабетической ретинопатии, что подчёркивает диагностическую ценность данного показателя в комплексной оценке сосудистого статуса больных сахарным диабетом. [2]

Рис.1.



Продольное сканирование ультрасонограммы сонной артерии. Показано измерение толщины интима-медии общей сонной артерии (ОСА) (*большие стрелки*) на дальней стенке общей сонной артерии. Видна каротидная бляшка (*маленькие стрелки*) в дистальном отделе общей сонной артерии. Наконечник стрелки указывает на бифуркацию сонной артерии.

Макрососудистые изменения включают ускоренное формирование атеросклеротических бляшек в крупных артериях, таких как сонные и коронарные, что повышает вероятность тромбоза и острого инсульта. Одним из ранних маркеров атеросклероза является увеличение толщины комплекса интима–медиа (ТИМ) сонных артерий.

Микрососудистые изменения проявляются повреждением капилляров и артериол, утолщением базальной мембраны и снижением эластичности сосудов, что нарушает микроциркуляцию головного мозга. Нарушения нейроваскулярной регуляции, выявляемые с помощью функциональной МРТ и анализа гемодинамического отклика, демонстрируют снижение способности сосудов адекватно реагировать на потребности мозга в кислороде, даже при отсутствии видимых структурных повреждений.

Учитывая высокую распространённость СД2 и его значительное влияние на формирование сосудистых осложнений, разработка эхографических критериев для прогнозирования ишемического инсульта у этих пациентов имеет практическую и научную значимость. Ультразвуковое измерение ТИМ общей сонной артерии служит одним из наиболее ранних и чувствительных маркеров субклинического атеросклероза, позволяя выявлять лиц с повышенным цереброваскулярным риском и проводить своевременные профилактические мероприятия.[3]

У пациентов с сахарным диабетом 2-го типа наблюдаются ранние изменения нейроваскулярной связи и нарушение гемодинамической реакции головного мозга. Используя функциональное МРТ с анализом BOLD-сигнала и метод деконволюции, связанной с событиями, выявили, что у больных диабетом форма гемодинамического отклика (HRF) при визуальных стимулах отличается от таковой у здоровых лиц. Эти отличия отражают дефект нейроваскулярной регуляции, возникающий на ранних этапах

заболевания, даже при отсутствии структурных повреждений мозга.

Снижение BOLD-сигнала у пациентов с СД2, по мнению исследователей, связано не только с уменьшением нейрональной активности, но и с нарушением нейроваскулярной связи вследствие микрососудистых изменений. Таким образом, функциональные нарушения мозгового кровотока при диабете 2-го типа могут служить ранним маркером церебральной микроангиопатии и предвестником нейродегенеративных процессов. Эти данные указывают на то, что функциональные изменения мозгового кровотока при диабете 2-го типа могут предшествовать развитию нейродегенеративных процессов и служить ранним индикатором нарушений церебральной микроциркуляции. [4]

С момента внедрения ультразвукового исследования сонных артерий (УЗИ СА) для оценки атеросклероза в клинической практике и эпидемиологических исследованиях изучается толщина комплекса интима-медиа (ИМТ). УЗИ не позволяет дифференцировать интиму и медиальный слой сосудистой стенки, поэтому эти два компонента объединяются в один показатель. ИМТ может измеряться в различных сегментах сонной артерии — в общей сонной артерии (ОСА), луковице или внутренней ветви, а также на ближней и дальней стенках и под разными углами. В последние годы стало очевидно, что ТИМ ОСА и ТИМ луковицы следует рассматривать как отдельные показатели, хотя они и коррелируют между собой. Так, ТИМ-ОСА в основном ассоциирована с гипертонией, тогда как ТИМ в луковицы с высоким уровнем ЛПНП и курением. Генетические исследования показывают, что несколько генов и полигенетический риск ишемической болезни сердца связаны с ТИМ-луковицы, но не с ТИМ-ОСА. ТИМ-ОСА преимущественно связана с инсультом, а ТИМ-луковицы с ишемической болезнью сердца. Эти данные свидетельствуют о том, что разные сегменты сонной артерии могут отражать различные патофизиологические процессы атеросклероза и не должны рассматриваться как эквивалентные показатели.[5]

Сахарный диабет существенно повышает риск развития инсульта, так как ускоряет прогрессирование атеросклероза. У пациентов с диабетом утолщается стенка сонных артерий (толщина интима-медиа, ТИМ), увеличивается число и уязвимость атеросклеротических бляшек, а индекс пульсации (ИП) отражает повышенное сосудистое сопротивление и риск сердечно-сосудистых осложнений.

Ультразвуковое исследование сонных артерий позволяет выявить эти изменения на ранних стадиях. Дуплексное сканирование показывает, что ТИМ и ИП выше у пациентов с диабетом, особенно у пожилых и гипертоников, и ниже у женщин и при кардиоэмболическом инсульте. Более высокая ТИМ указывает на ускоренное сосудистое старение, а повышенный ИП — на увеличение сопротивления микроциркуляции.

Эти показатели являются надежными маркерами для оценки цереброваскулярного риска и раннего выявления сосудистых изменений у пациентов с диабетом, что позволяет своевременно прогнозировать и предотвращать развитие инсульта.[6]

Ограничением измерения толщины интима-медиа сонной артерии (ТИМ-СА) является трудность визуализации всех её сегментов, особенно внутренней сонной артерии (ВСА). Например, в исследовании Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) не удалось визуализировать 51,4% сегментов ВСА, тогда как сегменты общей сонной артерии (ОСА) визуализировались в 91% случаев. В Роттердамском исследовании измерения ТИМ были возможны в 96% сегментов ОСА, но только в 31% сегментов ВСА. Несмотря на технический прогресс в ультразвуковой визуализации, ВСА остаётся наиболее сложным сегментом для оценки, что снижает надёжность её измерений. В то же время ни один сегмент сонной артерии не показал однозначного преимущества в прогнозировании

сердечно-сосудистых заболеваний. Существуют данные, что ТИМ ОСА может быть немного более информативным для прогнозирования инсульта, тогда как ТИМ ВСА может лучше предсказывать риск ишемической болезни сердца. Таким образом, при оценке цереброваскулярного риска у пациентов важно учитывать как технические ограничения визуализации, так и возможность сочетанного анализа различных сегментов сонной артерии [7].

Сонная артерия включает четыре сегмента: общую сонную артерию (ОСА), каротидную луковичу, наружную и внутреннюю сонные артерии (ВСА). В исследовании CAPS показано, что толщина комплекса интима–медиа (ТИМ-СА) является независимым предиктором сердечно-сосудистых событий, однако её добавление к модели SCORE не улучшает классификацию индивидуального риска. Результаты мета-анализов остаются противоречивыми. В одном из них увеличение ТИМ-СА на 0,1 мм ассоциировалось с ростом риска инфаркта миокарда на 10–15%, тогда как другой мета-анализ, оценивавший только ТИМ-ОСА, не выявил значимого прироста прогностической информации по сравнению со стандартными методами оценки риска. Более современные исследования с использованием высокоточного ультразвука показали, что ТИМ-ВСА сильнее коррелирует с риском сердечно-сосудистых событий и лучше прогнозирует инсульт, тогда как ТИМ-ОСА отражает преимущественно риск коронарных осложнений. Противоречия в данных объясняются отсутствием унифицированных методологических подходов. При этом измерения ТКМ в области каротидной луковичи и ВСА считаются более информативными, поскольку именно в этих зонах чаще формируются атеросклеротические бляшки. Оценка их объёма и распределения является более точным показателем атеросклеротического поражения, чем фиксирование самого факта их наличия. Комбинированное использование ТКМ и характеристик бляшек повышает точность прогноза сердечно-сосудистых событий. Объём бляшки, измеренный с помощью 3D-ультразвука, хорошо коррелирует с индексом кальцификации коронарных артерий (САС). В перспективе 3D-мониторинг динамики бляшек может стать ценным инструментом для оценки эффективности профилактической и терапевтической стратегии.[8]

Ключевое значение в развитии атеросклеротических изменений сосудистой стенки у пациентов с диабетом имеет липидный дисбаланс. Повышение уровня триглицеридов, особенно в постпрандиальный период, приводит к эндотелиальной дисфункции и утолщению комплекса интима–медиа сонных артерий. Гипертриглицеридемия является значимым фактором прогрессирования атеросклероза у больных с диабетом 2 типа. У таких пациентов толщина сосудистой стенки была достоверно выше, чем у лиц без диабета, а наибольшее влияние на увеличение ТКМ оказывали возраст и постпрандиальные триглицериды. Эти данные подтверждают роль постпрандиальной гипертриглицеридемии как независимого предиктора субклинического атеросклероза и повышенного риска ишемического инсульта у пациентов с сахарным диабетом 2 типа. [9]

В отличие от большинства предыдущих работ, где изучалась общая связь между толщиной комплекса интима–медиа (ТИМ) и риском инсульта, данное исследование направлено на оценку взаимосвязи ТИМ и признаков атеросклероза сонных артерий с конкретными подтипами ишемического инсульта. Такой подход позволяет углублённо понять патогенетические различия сосудистых поражений и может способствовать повышению точности индивидуального прогноза сосудистых осложнений у пациентов. [10]

Поскольку инсульт является гетерогенным заболеванием с различными подтипами, важно учитывать различия в этиологии и факторах риска. Пациенты с кардиоэмболическими или

лакунарными инфарктами имеют иной патогенетический профиль, чем больные с ишемическим инсультом, связанным с атеротромботическим поражением крупных сосудов. Кроме того, необходимо разграничивать ишемический и геморрагический инсульт при анализе взаимосвязи толщины интима–медиа и риска сосудистых катастроф.

Несмотря на имеющиеся данные, остаётся недостаточно изученным вопрос о взаимосвязи между выраженностью утолщения комплекса интима–медиа и клинической тяжестью ишемического инсульта при различных подтипах заболевания. Увеличение ТИМ-ОСА связано с риском ишемического инсульта и его подтипами, особенно атеротромботическим, независимо от сердечно-сосудистых факторов риска. Исследования показывают различия в зависимости от подтипа инсульта: **Атеротромботический инсульт** — высокий ТИМ, более выраженные бляшки, стенозы >30–50%; **Лакунарный инсульт** — умеренное утолщение ТИМ, микрососудистое повреждение; **Кардиоэмболический инсульт** — относительно низкие значения ТИМ. Максимальная ТИМ, особенно в области бифуркации, тесно связана с бессимптомными инфарктами мозга и повышает риск будущего инсульта даже у лиц без сердечно-сосудистых заболеваний.[11]

Измерение толщины комплекса интима–медиа (ТИМ) сонной артерии признано надёжным неинвазивным методом оценки субклинического и раннего атеросклероза, который независимо ассоциируется с риском инсульта и других сердечно-сосудистых событий. Максимальная ТИМ, особенно в области бифуркации сонной артерии (bIMT), тесно связана с бессимптомным инфарктом мозга (БИМ) и повышает вероятность будущего инсульта даже у лиц без клинических проявлений сердечно-сосудистых заболеваний. Бессимптомный инфаркт мозга, выявляемый с помощью МРТ, является важным предиктором инсульта: метаанализ 13 исследований показал, что наличие БИМ более чем вдвое увеличивает риск развития инсульта. Оценка БИМ с использованием МРТ может служить полезным инструментом для выявления групп высокого риска, хотя прогнозирование инсульта у бессимптомных лиц остаётся сложной задачей. Данные также показывают, что локальные особенности сосудов играют ключевую роль. Геометрия артерии и локальные механические факторы, такие как напряжение касательных сил крови на стенку, объясняют, почему максимальная ТИМ в области бифуркации более информативна для прогнозирования риска инсульта, чем ТИМ в области общей сонной артерии (ОКА) или внутренней сонной артерии (ВСА). Таким образом, измерение ВСА с помощью ультразвука представляет собой перспективный метод скрининга и позволяет идентифицировать лиц с повышенным риском цереброваскулярных событий.[12]

Бессимптомные инфаркты мозга (БИМ) выявляются как маленькие очаги повреждённой ткани, которые не проявляются клинически, но повышают риск инсульта. Для точного анализа измерялись размеры очагов, и классифицировали их по локализации: передняя и задняя сосудистые области, корковые доли и подкорковые лакунарные очаги.

Даже небольшие, бессимптомные повреждения мозга можно выявить с помощью МРТ, что позволяет прогнозировать риск будущего инсульта. Эти данные важны для ранней диагностики и оценки состояния сосудов, особенно в сочетании с ультразвуковыми измерениями толщины стенки сонных артерий (ТИМ), которые отражают атеросклеротическую нагрузку и сосудистый риск.[13]

Инсульт является одной из ведущих причин смертности и инвалидизации во всём мире, занимая второе место среди причин смерти. Около 85% случаев приходится на

ишемический инсульт, который развивается преимущественно вследствие эмболии или поражения мелких сосудов. Одним из основных источников эмболов выступает атеросклероз сонных артерий, ответственный примерно за 15–20% ишемических инсультов. Разрыв или нестабильность атеросклеротических бляшек в области бифуркации общей или внутренней сонной артерии вызывает тромбообразование и эмболию, приводя к транзиторным ишемическим атакам или инсульту.

Современные методы лечения каротидного атеросклероза — медикаментозная терапия, эндартерэктомия и ангиопластика со стентированием — делают его важным и потенциально обратимым фактором риска инсульта. Ультразвуковая доплерография (УЗДГ) представляет собой безопасный, доступный и воспроизводимый метод, позволяющий оценивать состояние сонных артерий, включая толщину комплекса интима-медиа (ТИМ), степень стеноза, морфологию и площадь бляшек. Показатель ТИМ, отражающий расстояние между интима-люминальным и медиально-адвентициальным слоями, является надёжным маркером субклинического атеросклероза: у здоровых людей он варьирует от 0,25 до 1,0 мм, а значения свыше 1,0 мм считаются патологическими. Каротидная бляшка определяется как локализованное утолщение сосудистой стенки $\geq 0,5$ мм или на 50% больше соседних участков, либо при ТИМ $> 1,5$ мм. Современные данные указывают, что площадь и объём бляшки являются более точными показателями атеросклеротического поражения и сердечно-сосудистого риска, чем только толщина ТИМ.

Дополнительные гемодинамические параметры — индекс пульсации (ИП) и индекс резистентности (ИР) — отражают дистальное сосудистое сопротивление и податливость сосудистой стенки. Повышение этих показателей связано с нарушением микроциркуляции и повышенным риском ишемических инсультов. Общая сонная артерия (ОСА), являясь частью эластического артериального дерева, также служит важным объектом для оценки ремоделирования сосудов: её диаметр коррелирует с клинико-биохимическими показателями, такими как уровень мозгового натрийуретического пептида, гипертрофия левого желудочка, соотношение альбумин/креатинин и выраженность ишемической болезни сердца. Увеличение диаметра ОСА ассоциировано с повышенным риском сердечно-сосудистых событий и смертности, что отражает процессы артериального ремоделирования.

Инсулинорезистентность и нарушения углеводного обмена способствуют артериальному ремоделированию через метаболические и воспалительные механизмы. Хотя ТИМ традиционно используется как маркер атеросклероза и предиктор сердечно-сосудистых заболеваний, особенно у пациентов с сахарным диабетом 2 типа, данные о её связи с параметрами углеводного обмена и инсулинорезистентностью остаются противоречивыми. В то же время показатели ИП и ИР могут отражать микрососудистое повреждение, ассоциированное с нарушениями метаболизма глюкозы, однако их клиническая роль требует дальнейшего изучения.

Магнитно-резонансная томография (МРТ) сосудистой стенки является перспективным неинвазивным методом, обеспечивающим детальную визуализацию структуры и состава сосудистой стенки с высоким пространственным разрешением. Этот подход позволяет выявлять нестабильные атеросклеротические бляшки, потенциально предрасположенные к разрыву, а также оценивать воспалительные и дегенеративные изменения в стенках сонных артерий. Совместное использование УЗДГ и МРТ создаёт новые возможности для ранней диагностики, мониторинга и стратификации риска ишемического инсульта,

особенно у пациентов с метаболическими нарушениями, такими как сахарный диабет 2 типа.[14]

Проведённые исследования подтверждают, что ультразвуковая и магнитно-резонансная визуализация сонных артерий играют ключевую роль в ранней диагностике и прогнозировании риска ишемического инсульта у пациентов с сахарным диабетом 2 типа. Толщина комплекса интима–медиа (ТКИМ) и наличие атеросклеротических бляшек служат надёжными маркерами субклинического атеросклероза и отражают степень сосудистого ремоделирования. Наиболее выраженное утолщение сосудистой стенки наблюдается у пациентов с постпрандиальной гипертриглицеридемией и ожирением, что указывает на значимость нарушений липидного обмена как ведущего фактора прогрессирования сосудистых изменений.

Использование высокочастотного ультразвука в В-режиме позволяет неинвазивно оценивать морфологическое состояние сосудистой стенки и динамику атеросклеротического процесса, а внедрение трёхмерной магнитно-резонансной визуализации сосудистой стенки (3D CMR VWI) значительно расширяет диагностические возможности в оценке структуры и состояния сонных артерий.

Метод 3D CMR VWI, продемонстрировавший высокую точность в сравнении с цифровой субтракционной ангиографией, может рассматриваться как перспективный инструмент для комплексной визуализации сосудов, оценки уязвимости атеросклеротических бляшек и раннего выявления пациентов с повышенным риском ишемического инсульта. [15]

Заключение. Комплексная оценка состояния сонных артерий является ключевым инструментом для раннего выявления и прогнозирования риска ишемического инсульта, особенно у пациентов с сахарным диабетом 2 типа. У этой категории больных атеросклероз развивается быстрее и сопровождается утолщением комплекса интима–медиа (ТКИМ) и формированием нестабильных бляшек. Увеличение ТКИМ подтверждается как надёжный маркер субклинического атеросклероза и предиктор сердечно-сосудистых осложнений. При диабете 2 типа этот показатель отражает эндотелиальную дисфункцию, метаболические нарушения и дислипидемию, а постпрандиальная гипертриглицеридемия выделяется как независимый фактор риска прогрессирования атеросклероза. Ультразвуковое исследование сонных артерий остаётся базовым и воспроизводимым методом оценки состояния сосудов, тогда как современные методы, такие как трёхмерная МР-визуализация сосудистой стенки (3D CMR VWI), обеспечивают детальное изображение морфологии бляшек и признаков нестабильности. В исследовании 3D CMR VWI показала высокую точность по сравнению с цифровой субтракционной ангиографией, подтверждая её перспективность для клинической практики.

Сочетание ультразвука и 3D CMR VWI позволяет комплексно оценить функциональное и морфологическое состояние сосудов, повысить точность стратификации риска и раннее выявление пациентов с высоким риском инсульта. Это создаёт основу для индивидуализированной профилактики, оптимизации терапии и снижения смертности у больных с сахарным диабетом 2 типа. Использование современных неинвазивных методов визуализации, таких как ультразвуковая диагностика в сочетании с 3D CMR VWI, является перспективным подходом для прогнозирования и профилактики ишемического инсульта у пациентов группы высокого риска.

Список литературы.

1. Liao M, Chen S, Guo R. Association between carotid ultrasonographic parameters and microvascular and macrovascular complications in diabetes: A systematic review and meta-analysis. *J Diabetes Complications*. 2023 Aug;37(8):108554. doi: 10.1016/j.jdiacomp.2023.108554. Epub 2023 Jun 28. PMID: 37418962.
2. Lee EJ, Kim HJ, Bae JM, Kim JC, Han HJ, Park CS, Park NH, Kim MS, Ryu JA. Relevance of common carotid intima-media thickness and carotid plaque as risk factors for ischemic stroke in patients with type 2 diabetes mellitus. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2007 May;28(5):916-9. PMID: 17494669; PMCID: PMC8134355.
3. Duarte JV, Pereira JM, Quendera B, Raimundo M, Moreno C, Gomes L, Carrilho F, Castelo-Branco M. Early disrupted neurovascular coupling and changed event level hemodynamic response function in type 2 diabetes: an fMRI study. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2015 Oct;35(10):1671-80. doi: 10.1038/jcbfm.2015.106. Epub 2015 Jun 10. PMID: 26058698; PMCID: PMC4640307.
4. Bill O, Mazya MV, Michel P, Prazeres Moreira T, Lambrou D, Meyer IA, Hirt L. Intima-Media Thickness and Pulsatility Index of Common Carotid Arteries in Acute Ischaemic Stroke Patients with Diabetes Mellitus. *J Clin Med*. 2022 Dec 29;12(1):246. doi: 10.3390/jcm12010246. PMID: 36615047; PMCID: PMC9821495.
5. Lind L. A comparison of intima media thickness in the common carotid artery, the bulb and plaque area as predictions of incident atherosclerotic events. *PLoS One*. 2023 Nov 20;18(11):e0294722. doi: 10.1371/journal.pone.0294722. PMID: 37983212; PMCID: PMC10659152.
6. Nambi V, Chambless L, He M, Folsom AR, Mosley T, Boerwinkle E, Ballantyne CM. Common carotid artery intima-media thickness is as good as carotid intima-media thickness of all carotid artery segments in improving prediction of coronary heart disease risk in the Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) study. *Eur Heart J*. 2012 Jan;33(2):183-90. doi: 10.1093/eurheartj/ehr192. Epub 2011 Jun 11. PMID: 21666250; PMCID: PMC3258447.
7. Irie Y, Katakami N, Kaneto H, et al. Maximum carotid intima-media thickness improves the prediction ability of coronary artery stenosis in type 2 diabetic patients without history of coronary artery disease. *Atherosclerosis*. 2012;221(2):438-444. doi:10.1016/j.atherosclerosis.2012.01.022
8. Ahmad J, Hameed B, Das G, Siddiqui MA, Ahmad I. Postprandial hypertriglyceridemia and carotid intima-media thickness in north Indian type

- 2 diabetic subjects. *Diabetes Res Clin Pract.* 2005;69(2):142-150. doi:10.1016/j.diabres.2004.11.012
9. Nikić, P., Savić, M., Zarić, N., & Durić, D. (2003). Debljina intima-medija kompleksa zajednicke karotidne arterije, karotidna ateroskleroza i suptipovi ishemičnog moždanog udara [Common carotid artery intima-media thickness, carotid atherosclerosis and subtypes of ischemic cerebral disease]. *Medicinski pregled*, 56 Suppl 1, 85–91.
10. Heliopoulos I, Papaiakim M, Tsigoulis G, Chatzintounas T, Vadikolias K, Papanas N, Piperidou C. Common carotid intima media thickness as a marker of clinical severity in patients with symptomatic extracranial carotid artery stenosis. *Clin Neurol Neurosurg.* 2009 Apr;111(3):246-50. doi: 10.1016/j.clineuro.2008.10.007. Epub 2008 Nov 25. PMID: 19036498.
11. Touboul PJ, Elbaz A, Koller C, Lucas C, Adraï V, Chédru F, Amarenco P. Common carotid artery intima-media thickness and brain infarction : the Etude du Profil Génétique de l'Infarctus Cérébral (GENIC) case-control study. The GENIC Investigators. *Circulation.* 2000 Jul 18;102(3):313-8. doi: 10.1161/01.cir.102.3.313. PMID: 10899095.
12. Caughey MC, Qiao Y, Windham BG, Gottesman RF, Mosley TH, Wasserman BA. Carotid Intima-Media Thickness and Silent Brain Infarctions in a Biracial Cohort: The Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) Study. *Am J Hypertens.* 2018 Jul 16;31(8):869-875. doi: 10.1093/ajh/hpy022. PMID: 29425278; PMCID: PMC6049000.
13. Kawnayn G, Kabir H, Huq MR, Chowdhury MI, Shahidullah M, Hoque BS, Anwar MB. The Association of Carotid Plaque Size, Carotid Intima-Media Thickness, Resistive Index, and Pulsatility Index With Acute Ischemic Stroke. *Cureus.* 2023 Jul 5;15(7):e41384. doi: 10.7759/cureus.41384. PMID: 37546130; PMCID: PMC10401067.
14. Peret A, Romero-Sanchez G, Dabiri M, McNally JS, Johnson KM, Mossa-Basha M, Eisenmenger LB. MR Angiography of Extracranial Carotid Disease. *Magn Reson Imaging Clin N Am.* 2023 Aug;31(3):395-411. doi: 10.1016/j.mric.2023.04.003. Epub 2023 May 26. PMID: 37414468.
15. Wang Z, Lu M, Liu W, Zheng T, Li D, Yu W, Fan Z. Assessment of carotid atherosclerotic disease using three-dimensional cardiovascular magnetic resonance vessel wall imaging: comparison with digital subtraction angiography. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2020 Mar 5;22(1):18. doi: 10.1186/s12968-020-0604-x. PMID: 32131854; PMCID: PMC7057661.