

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ДИАГНОСТИКА ПАТОЛОГИЙ СОННЫХ АРТЕРИЙ

Поморцев А.В., Шевелёв В.И., Багдасарян К.А.

Ультразвуковая диагностика закрепила свое лидирующее место при диагностике патологий сонных артерий. В статье представлен обзор современной отечественной и зарубежной литературы об объеме информации, которая может быть получена при помощи цветного дуплексного сканирования сонных артерий. Даны определения наиболее часто встречающимся патологиям сонных артерий (атеросклероз и патологическая извитость). Приведены современные представления об атеросклеротических бляшках, методы измерения степени сужения сосуда и классификации атеросклеротических бляшек. Так же приведены современные представления о нестабильности атеросклеротических бляшек. Представлены наиболее распространенные и современные классификации деформаций сонных артерий, критерии их локальной гемодинамической значимости.

Ключевые слова: атеросклероз сонных артерий, стеноз сонных артерий, нестабильная атеросклеротическая бляшка, долихоартериопатия, деформация сонных артерий.

Контактный автор: Карапет А.Б., E-mail: kbagdasaryan.83@mail.ru

Для цитирования: Поморцев А.В., Шевелёв В.И., Багдасарян К.А. Ультразвуковая диагностика патологий сонных артерий. REJR 2020; 10(2):195-204. DOI:10.21569/2222-7415-2020-10-2-195-204.

Статья получена: 19.12.19

Статья принята: 21.02.20

ULTRASOUND DIAGNOSTICS OF CAROTID ARTERIES PATHOLOGIES

Pomortsev A.V., Shevelev V.I., Baghdasaryan K.A.

Ultrasound diagnostics has consolidated its leading position in the diagnosis of carotid artery pathologies. The article presents a review of modern Russian and foreign literature about the amount of information that can be obtained by color duplex scanning of the carotid arteries. The definitions of the most common pathologies of the carotid arteries (atherosclerosis and dolichoarteriopathies) are given. Modern ideas about atherosclerotic plaques, methods of measuring the degree of vessel stenosis and classifications of atherosclerotic plaques are presented. Also given modern ideas about the instability of atherosclerotic plaques. The most widespread and modern classifications of dolichoarteriopathies of carotid arteries, criteria of their hemodynamic importance are presented.

Keywords: carotid atherosclerosis, stenosis of atherosclerotic plaque, instability of atherosclerotic plaque, dolichoarteriopathy, deformation of carotid arteries.

Corresponding author: Baghdasaryan K.A., e-mail: kbagdasaryan.83@mail.ru

For citation: Pomortsev A.V., Shevelev V.I., Baghdasaryan K.A. Ultrasound diagnostics of carotid arteries pathologies. REJR 2020; 10(2):195-204. DOI:10.21569/2222-7415-2020-10-2-195-204.

Received: 19.12.19

Accepted: 21.02.20

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Минздрава России. г. Краснодар, Россия.

Kuban State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation. Krasnodar, Russia.

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%) [1].

Среди причин развития сосудисто-мозговой недостаточности на первом месте атеросклеротическое поражение сонных артерий, на втором – патологическая извитость внутренней сонной артерии. И при атеросклерозе, и при патологической извитости внутренней сонной артерии, с возрастом имеется тенденция к прогрессированию гемодинамических нарушений и нарастанию симптомов сосудисто-мозговой недостаточности с высоким риском летальности и инвалидизации [2].

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

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 [3]. Более детальную информацию можно получить при помощи 3D-реконструкции артерий [4]. Недостатками этого метода являются инвазивность, использование рентгеновского излучения, использование йодсодержащих контрастных веществ и невозможность оценить патологические изменения стенки сосуда.

Вышеуказанные недостатки рентгеноконтрастной ангиографии являются преимуществом цветного дуплексного сканирования – исследование неинвазивное, технически несложное, быстрое, недорогое, легко воспроизводимое, без лучевой нагрузки и побочных эффектов. С этим и связан тот факт, что цветное дуплексное сканирование сонных артерий закрепило свое место как конкурентоспособный метод при диагностике атеросклеротических поражений сонных артерий [5]. В настоящее время, при атеросклерозе сонных артерий, определение показаний и объема хирургического лечения возможно только на основании данных цветного дуплексного сканирования. При недостаточности диагностической информации может быть выполнена мультиспиральная компьютерная томография или магнитно-резонансная ангиография. А рентгеноконтрастная ангиография используется лишь при противоречии данных, полученных с помощью вышеуказанных методов [2]. Некоторые авторы констатируют, что благодаря этим неоспоримым преимуществам, 80% каротидных эндартерэктомий в мире выполняется только на ос-

новании результатов цветного дуплексного сканирования [6].

Цветное дуплексное сканирование предпочтительнее и при динамическом наблюдении как за больными после каротидной реконструкции, так и за не оперированными пациентами, у которых сохраняется угроза прогрессирования или осложнения процесса [7].

Такой же подход применяется и при подзрении на патологическую извитость сонных артерий. В первую очередь должно быть выполнено цветное дуплексное сканирование и мультиспиральная компьютерная томография или магнитно-резонансная ангиография сонных артерий. В случае невозможности установления диагноза с помощью этих неинвазивных методов, необходима рентгеноконтрастная ангиография [2, 8]. В основном при цветном дуплексном сканировании трудности возникают лишь при исследовании дистально расположенных деформаций, не позволяющие получить полную информацию о топографо-анатомических характеристиках пораженного участка внутренних сонных артерий [9].

С помощью цветного дуплексного сканирования можно определить и упруго-эластические свойства сонных артерий, измеряя амплитуду колебания стенки общей сонной артерии в М-режиме в зоне стандартизированной оценки (по задней стенке на 1,5 см проксимальнее места бифуркации) [10].

В данной статье нам хотелось подробно остановиться на возможностях цветного дуплексного сканирования при исследовании сонных артерий при их атеросклеротических поражениях и при патологических извитостях.

Цветное дуплексное сканирование при атеросклерозе сонных артерий.

Цветное дуплексное сканирование при атеросклерозе сонных артерий направлено на первичное выявление атеросклеротического процесса, на определение приоритетности поражения при сочетанной патологии, на определение вида и условий реконструкции, на контроль технического исполнения реконструкции, на динамическое наблюдение [2].

При ультразвуковом исследовании разделяют понятия «начальные признаки атеросклероза» и «атеросклеротическая бляшка» [11]. Атеросклеротическая бляшка определяется как локальная структура, выступающая в просвет артерии на 0,5 мм, или на 50% больше величины толщины интима-медия прилегающих участков артерий, или имеет толщину более чем 1,5 мм, измеренную от границы медия-адвентиция до границы интима-просвет [12]. Начальными признаками атеросклероза можно назвать увеличение толщины интима-медия более 1,0 мм, но менее 1,5 мм (рис. 1). Увеличение толщины интима-медия более 1,5 мм, но менее 2,0 мм

можно обозначить как «мелкая атеросклеротическая бляшка» [13].

В отличие от атеросклеротических бляшек в коронарных артериях, для атеросклеротической бляшки в сонных артериях нетипичен эксцентричный рост. Соответственно наличие атеросклеротической бляшки в сонных артериях всегда приводит к редуцированию просвета сосуда [14]. Степень стеноза, вызванная атеросклеротической бляшкой, можно измерить двумя способами – планиметрически и доплерографически. Причем планиметрический метод имеет приоритет по отношению к доплерографическому.

При планиметрическом методе степень сужения измеряется в В-режиме. Рассчитать степень сужения можно тремя методами – по площади, по диаметру по методу ECST (European Carotid Surgery Trial) и по диаметру по методу NASCET (North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial). При расчете по первому методу степень сужения определяется как соотношение остаточной площади суженного сосуда к анатомической площади сосуда, выраженная в процентах [14]. При расчете ме-

тодом ECST степень стеноза определяется как соотношение остаточного диаметра суженного сосуда к анатомическому диаметру сосуда в месте максимального сужения, выраженная в процентах [15]. При расчете методом NASCET степень стеноза определяется как соотношение остаточного диаметра суженного сосуда к диаметру непораженной части внутренней сонной артерии наиболее близкой к участку стеноза и с параллельными стенками, выраженная в процентах [16].

Наиболее достоверным с анатомической точки зрения считается измерение по площади, так как при этом методе учитывается вся конфигурация бляшки. Преимуществом методов измерения по площади и ECST является то, что учитывается истинный размер бляшки, а, соответственно, и более четко оценивается риск тромбоэмболической угрозы стеноза. Кроме этого, эти методы более достоверно отражают локальную гемодинамическую значимость стеноза. Метод NASCET позволяет оценить региональную гемодинамическую значимость стеноза, так как показывает соотношение просвета в месте сужения к просвету участка внутренней

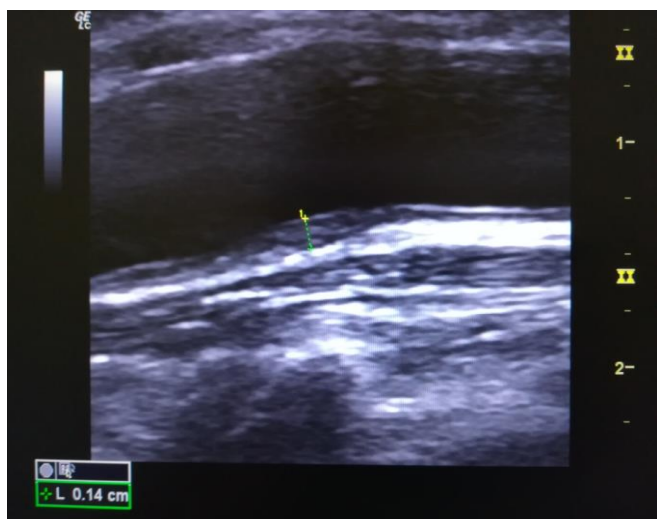


Рис. 1 (Fig. 1)

Рис. 1. УЗИ.

Дуплексное сканирование линейным датчиком. В-режим. Локальное увеличение толщины интима-медия до 1,4 мм (начальные признаки атеросклероза).

Fig. 1. Ultrasound.

Duplex scanning with a linear probe. B-mode. Local increase of thickness of intima-media up to 1,4 mm (initial signs of atherosclerosis).

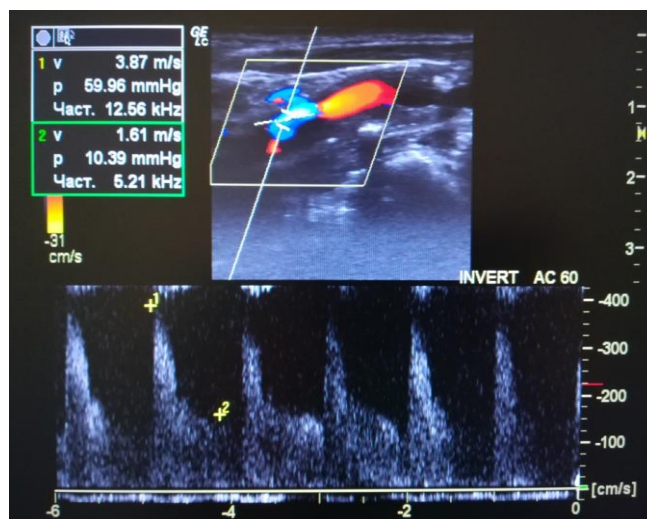


Рис. 2 (Fig. 2)

Рис. 2. УЗИ.

Дуплексное сканирование линейным датчиком. Режим импульсно-волнового доплера. Ускорение пиковой систолической скорости кровотока в области сужения до 387 см/с. Конечнo-диастолическая скорость кровотока 161 см/с (доплерографический признак стеноза более 70%).

Fig. 2. Ultrasound.

Duplex scanning with a linear probe. Pulse-wave Doppler mode. Acceleration of peak systolic blood flow velocity in the region of narrowing up to 387 cm/sec. The end-diastolic blood flow velocity is 161 cm/sec (Dopplerographic sign of stenosis more than 70%).

сонной артерии, который будет лимитировать поток крови к головному мозгу [14].

При доплерографическом методе точное измерение степени стеноза в процентах невозможно, и степень сужения условно разделяют на стеноз менее 50%, стеноз 50-69%, и стеноз более 70%. Стеноз 50% представляет ту нижнюю границу, начиная с которой из-за наличия атеросклеротической бляшки скорость потока в сосуде обычно ускоряется. Соответственно при стенозе менее 50% локальная гемодинамика не нарушена. Стеноз 70% является нижней границей, представляющей гемодинамически значимые поражения, хотя корреляция с ангиографическим стенозом приблизительна. Доплерографический стеноз 50%-69% характеризуется пиковой систолической скоростью в сосуде от 125 до 230 см/с. Дополнительные критерии включают в себя соотношение пиковых систолических скоростей во внутренней сонной артерии к общей сонной артерии от 2 до 4, и конечно-диастолическую скорость во внутренней сонной артерии от 40 до 100 см/с. Неокклюзирующий доплерографический стеноз более 70% ассоциируется с пиковой систолической скоростью более 230 см/с (рис. 2). Дополнительные критерии включают в себя отношение пиковой скорости во внутренней сонной артерии к общей сонной артерии более 4 и конечно-диастолическую скорость во внутренней сонной артерии более 100 см/с. Пограничные значения скоростных параметров могут сделать трудноотличимым стеноз 70% и более от менее выраженного стеноза, что предполагает применение подтверждающих методов сосудистой визуализации. Отношение скоростей потока во внутренней и общей сонной артериях может помочь различать увеличенный компенсаторный поток посредством коллатералей и истинный стеноз или окклюзию контралатеральной внутренней сонной артерии [2, 17].

Кроме измерения степени стеноза бляшки более 2,0 мм должны быть охарактеризованы по локализации, размеру, форме, структуре и гемодинамической значимости.

Для классификации атеросклеротических бляшек в национальных рекомендациях по ведению пациентов с поражением брахиоцефальных артерий (2013) предлагается использовать классификации, в которых выделяют до пяти типов атеросклеротических бляшек, на основе их экзогенности и однородности [18 - 23]:

I тип: однородная эконегативная («мягкая» гомогенная бляшка);

II тип: преимущественно эконегативная с содержанием гипоезогенных зон более 50% (гетерогенная гипоезогенная бляшка);

III тип: преимущественно эхопозитивная с содержанием гиперэзогенных зон более 50% (гетерогенная гиперэзогенная бляшка);

IV тип: однородная эхопозитивная («плотная» гомогенная бляшка);

V тип: неклассифицируемая вследствие выраженного кальциноза, формирующего акустическую тень.

Однако эта классификация не предусматривает определение атеросклеротической бляшки с точки зрения стабильности/нестабильности. А для клиницистов этот параметр один из важнейших, так как он определяет показание к реконструктивному хирургическому вмешательству и влияет на выбор метода его выполнения, особенно когда речь идет об асимптомных пациентах [24]. Нестабильность атеросклеротической бляшки много увеличивает риск разрыва её покрышки, с выходом на поверхность потенциально эмбологенного материала (кристаллов холестерина, атероматозных масс, кальцификатов). Соответственно, у таких пациентов намного выше риск развития нарушения мозгового кровообращения, что подтверждается при проведении транскраниальной микроэмболодетекции [25].

Учитывая это Куликов В.П. и соавт. предложили свою, наиболее подходящую с этой точки зрения, ультразвуковую классификацию атеросклеротической бляшки.

1. Стабильная (гомогенная гиперэзогенная) бляшка. Такой бляшке характерен ровный контур, а патоморфологически она соответствует фибринозной бляшке.

2. Нестабильная (гомогенная гипоезогенная) бляшка. Такая бляшка лабильна, вероятно, соответствует морфологическим проявлениям прогрессирования атеротромбоза, с высокой вероятностью приводит к осложнению бляшки изъязвлением и ассоциируется с высоким риском эмболии. Такая бляшка может быть анэзогенной, гипоезогенной или изоэзогенной (равная по экзогенности с грудино-ключично-сосцевидной мышцей).

3. Нестабильная (гетерогенная, преимущественно гипо- (рис. 3) или гиперэзогенная (рис. 4) бляшка. Такая бляшка может иметь ультразвуковые признаки изъязвления и кровоизлияния. Изъязвление характеризуется неравномерностью контура бляшки с наличием на поверхности бляшки различных по длине, глубине и форме углублений с подрытыми краями. Наличие эконегативного пространства (полости) овальной формы в бляшке соответствует кровоизлиянию.

4. Кальцинированная бляшка. Кальцинированная бляшка содержит множественные отложения солей кальция, которые вследствие тотальных акустических теней не позволяют охарактеризовать эхоструктуру бляшки [14].

Такая классификация с учетом структурных особенностей и состояния поверхности бляшки является очень важной, но единствен-

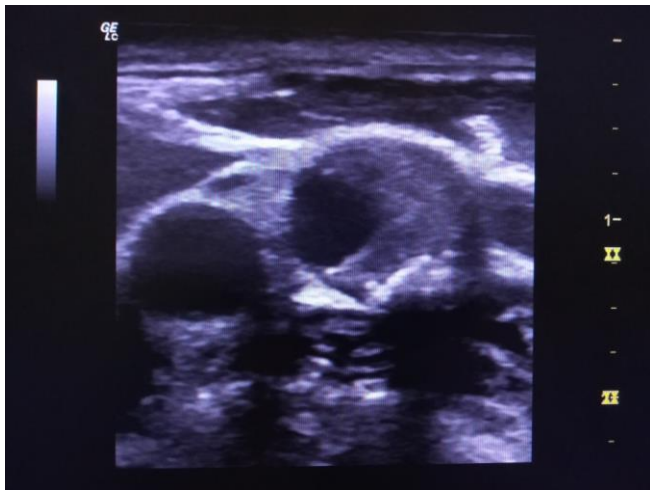


Рис. 3 (Fig. 3)

Рис. 3. УЗИ.

Дуплексное сканирование линейным датчиком. В-режим. Поперечное сечение внутренней сонной артерии. Нестабильная, гетерогенная, преимущественно гипоэхогенная бляшка.

Fig. 3. Ultrasound.

Duplex scanning with a linear probe. B-mode. Cross section of the internal carotid artery. Unstable, heterogeneous, mainly hypoechoic plaque.

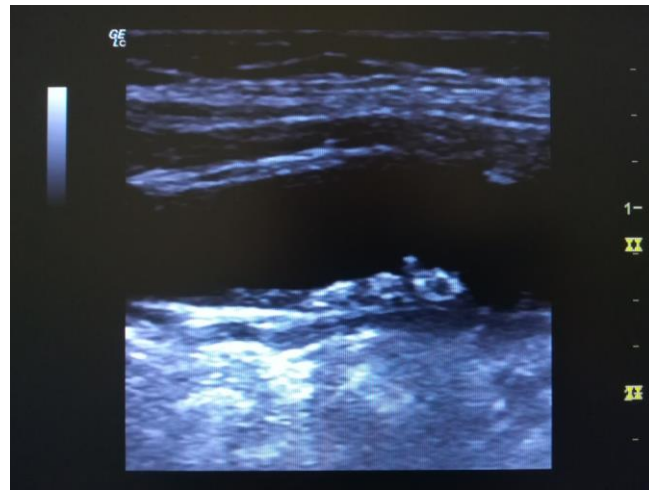


Рис. 4 (Fig. 4)

Рис. 4. УЗИ.

Дуплексное сканирование. В-режим. Продольное сечение внутренней сонной артерии. Нестабильная, гетерогенная, преимущественно гиперэхогенная бляшка.

Fig. 4. Ultrasound.

Duplex scanning with a linear probe. B-mode. Longitudinal section of the internal carotid artery. Unstable, heterogeneous, mainly hyperechoic plaque.

ным объективным признаком нестабильности атеросклеротической бляшки является ее неоваскуляризация. Неоваскуляризация предполагает наличие высокой плотности микрососудов в атеросклеротической бляшке [24, 26]. Наличие неоваскуляризации в атеросклеротической бляшке коррелирует с наличием локального воспалительного процесса внутри бляшки, что ассоциируется с высоким риском кровоизлияния и разрыва атеросклеротической бляшки [27]. Ультразвуковое исследование с введением контрастного вещества является неинвазивным методом исследования для выявления микрососудов в структуре атеросклеротической бляшки в режиме реального времени. Использование контрастного усиления позволяет не только определить микроваскуляризацию в бляшке, но и более точно оценить состояние ее поверхности и степень стеноза [26 - 28].

Цветное дуплексное сканирование при патологической извитости сонных артерий.

О патологической извитости сонных артерий известно давно. Впервые деформацию внутренней сонной артерии описал в 1741 г. G.B. Morgagni, обнаружив ее как случайную находку при вскрытии пациента. Однако первое описание различных вариантов хода внутренней сонной артерии сделал немецкий патологоанатом F.G.J. Henle спустя больше века, в 1868 г. [29]. В 1915 г. A. Fisher представил кли-

нический случай кровотечения при проведении тонзилэктомии. Причиной кровотечения была нетипичный ход внутренней сонной артерии [30]. И лишь в 1951 г. M. Riseg и др. не только впервые обнаружили взаимосвязь между патологической извитостью сонных артерий и сосудисто-мозговой недостаточностью, но и выполнили успешную операцию по фиксированию извитой внутренней сонной артерии к грудиночно-сосцевидной мышце [31]. Термин «деформация» по отношению к анатомически измененному ходу сосуда впервые употребил в 1972 г. Н.В. Верещагин [32].

Деформацию внутренней сонной артерии обозначают разными терминами. Так как причина всех деформаций – аномальное удлинение внутренней сонной артерии, в англоязычной литературе чаще используют термин долихоартериопатии [33]. В нашей стране распространен термин «патологическая извитость» внутренней сонной артерии, для обозначения клинически значимых деформаций внутренней сонной артерии.

Из классификаций деформаций внутренней сонной артерии наибольшее распространение получила классификация Weibel et al. (1965). Это ангиографическая классификация деформаций внутренней сонной артерии и учитывает лишь форму сосуда, без учета ее значимости для нарушений мозгового кровообра-

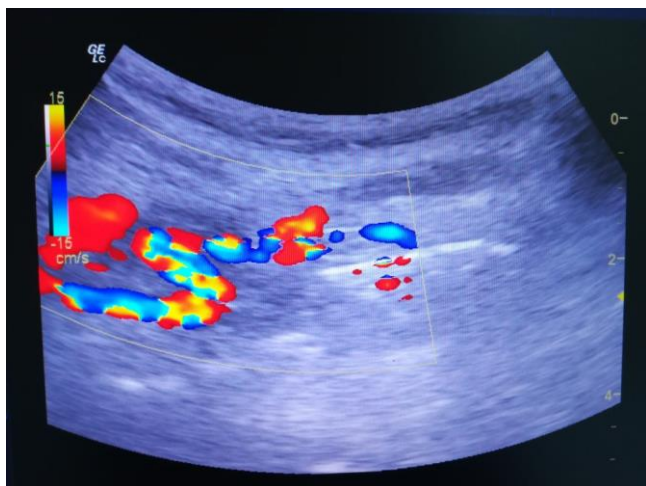


Рис. 5 (Fig. 5)

Рис. 5. УЗИ.

Дуплексное сканирование конвексным датчиком. Режим цветного доплеровского картирования. Гемодинамически значимая S-образная извитость внутренней сонной артерии, с острыми углами.

Fig. 5. Ultrasound.

Duplex scanning with convex probe. Color Doppler imaging mode. Hemodynamically significant S-shaped coiling of the internal carotid artery, with acute angles.

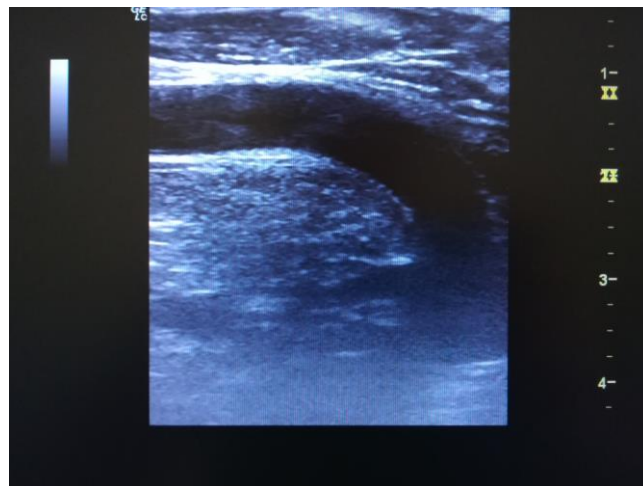


Рис. 6 (Fig. 6)

Рис. 6. УЗИ.

Дуплексное сканирование конвексным датчиком. В-режим. Гемодинамически незначимая С-образная деформация общей сонной артерии, без острых углов.

Fig. 6. Ultrasound.

Duplex scanning with convex probe. B-mode. Hemodynamically insignificant C-shaped tortuosity of the common carotid artery, without acute angles.

ния.

По этой классификации долихоартериопатии внутренней сонной артерии бывают трех типов: так называемые tortuosity, coiling и kinking [34, 35]. Tortuosity (дословно «извилистость») – это удлинение без острых углов, с одним или несколькими изгибами, которое может принимать форму волны или букв "S" или "C". Coiling характеризуется удлинением внутренней сонной артерии в ограниченном пространстве, которое приводит к извитости по форме букв "C", "S" или "U", или циркулярной (двойной циркулярной) формы. Kinking обозначили как отдельный вид деформации, хотя он представляет из себя самый распространенный вариант coiling проксимального отдела внутренней сонной артерии, с острыми углами.

Согласно классификации Metz et al. (1961), kinking бывает трех степеней. I степень – деформация под острым углом 90°-60° между двумя сегментами формирующими kinking; II степень – деформация под острым углом 60°-30°; III степень – деформация под острым углом менее 30° [36].

Куликов В.П. и др. предложили ультразвуковую классификацию деформаций внутренней сонной артерии, где кроме формы деформации учитывается локальная гемодинамическая значимость. Эти же авторы дали критерии локальной гемодинамической значимости

деформации внутренней сонной артерии [14]. Согласно этой классификации бывают:

1. Гемодинамически значимые деформации:
 - С-образная извитость (перегиб) с острым углом и нарушением локальной гемодинамики;
 - S-образная извитость с острыми углами и нарушением локальной гемодинамики (рис. 5);
 - петлеобразная извитость с нарушением локальной гемодинамики;
 - сложной (комбинированной) формы с острыми углами и нарушением локальной гемодинамики.
2. Гемодинамически незначимые деформации:
 - определенной формы: волнообразная, С-, S-образная извитости с тупыми углами, без нарушений локальной гемодинамики (рис. 6);
 - петлеобразная извитость без нарушений локальной гемодинамики;
 - неопределенной формы: нарушение хода.

Критериями локальной гемодинамической значимости деформации внутренней сонной артерии считаются:

- турбулентность (рост спектрального расширения);
- острый угол деформации;
- прирост пиковой скорости в зоне де-

формации и ее снижение дистальнее на 30% и более [14].

Из вышесказанного следует, что локальная гемодинамическая значимость деформаций в основном связана со степенью изгиба сонных артерий. Поток крови может снизиться на более чем 40% при угле изгиба 60° и на более чем 60% при угле изгиба 30° [37]. Kaplan et al. считают, что в сосудах с плавным углом изгиба более 90° гемодинамическая значимость больше зависит от состояния внутренней поверхности сосудистой стенки, и скорость кровотока может значительно повыситься, когда изгиб сочетается с пролиферацией интимы, атеросклеротической бляшкой и стенозом. В сосудах с углом изгиба менее 90° церебральная гемодинамика в основном зависит от угла изгиба [38].

У пациентов с патологической извитостью внутренней сонной артерии во время сна, опрокидывания головы или поворотах в разные стороны, в точке максимальной ангуляции может происходить коллапс внутренней сонной артерии и транзиторная гипотензия, которая приведет к снижению потока крови и может быть причиной ишемии головного мозга [39, 40]. Когда патологическая извитость сочетается с аневризмой, тогда нарушения церебральной гемодинамики более сложные [41 - 43].

Кроме первичной диагностики патологических изгибов внутренней сонной артерии цветное дуплексное сканирование является надежным методом для оценки прямолинейности сосудов после реконструктивных операций [14].

Заключение.

Список Литературы:

1. Суслина З.А., Варакин Ю.Я. Клиническое руководство по ранней диагностике, лечению и профилактике сосудистых заболеваний головного мозга. Москва, МЕДпресс-информ, 2017. 352 с.
2. Национальные рекомендации по ведению пациентов с заболеваниями брахиоцефальных артерий [Электронный ресурс]. Москва, 2013. 72 с. Доступен на: http://www.angiolsurgery.org/recommendations/2013/recommendations_brachiocephalic.pdf
3. Jadhav A.P., Jovin T.G. Vascular imaging of the head and neck. *Semin Neurol.* 2012; 32: 401-10. DOI: 10.1055/s-0032-1331811.
4. Jalali A., Srinivasan V.M., Chinnadurai P., Kan P., Arthur A., Duckworth E.A. Two-color 3D-3D fusion of selective rotational cerebral angiograms: a novel approach to imaging in cerebrovascular neurosurgery. *J Neurointerv Surg.* 2016; 8: 1056-60. DOI: 10.1136/neurintsurg-2015-011963
5. Pellegrino L., Prencipe G., Vairo F. [Dolicho-arteriopathies (kinking, coiling, tortuosity) of the carotid arteries: study by color Doppler ultrasonography]. *Minerva Cardioangiol.* 1998; 46: 69-76.
6. Четкин А.О., Лагода О.В., Шабалова А.В. К вопросу о показаниях к дуплексному сканированию сонных артерий.

Современное исследование сонных артерий невозможно представить без цветного дуплексного сканирования. Опираясь на данные литературы, можно сделать вывод о том, что при качественном акустическом доступе, этот неинвазивный метод диагностики дает расширенную информацию как при атеросклерозе сонных артерий (степень сужения сосуда, морфология атеросклеротической бляшки, степень гемодинамической значимости атеросклеротической бляшки, признаки нестабильности), так и при патологических изгибах сонных артерий (форма аномалии хода сосуда, локальная гемодинамическая значимость деформации). И зачастую этой информации достаточно не только для динамического наблюдения пациента, но и для определения показаний и объема хирургического лечения.

В случаях, когда дуплексное сканирование не позволяет получить необходимый объем информации применяют дополнительные методы исследований (мультиспиральная компьютерная томография или магнитно-резонансная ангиография сонных артерий). И лишь при расхождении данных, полученных с помощью вышеуказанных неинвазивных методов, проводят рентгеноконтрастную ангиографию.

Источник финансирования и конфликт интересов.

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие финансовой поддержки исследования и конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

Неврологический журнал. 2007; 12 (4): 46-51.

7. Фоякин А.В., Суслина З.А., Гераскина Л.А. Кардиологическая диагностика при ишемическом инсульте. Санкт-Петербург, ИНКАРТ, 2005. 224 с.

8. Покровский А.В., Белоярцев Д.Ф., Тимина И.Е., Адырхаев З.А. Когда нужно оперировать патологическую деформацию внутренней сонной артерии? *Ангиология и сосудистая хирургия.* 2010; 16 (4): 116-22.

9. Back M.R., Rogers G.A. Wilson J.S., Johnson B.L., Shames M.L., Bandyk D.F. Magnetic resonance angiography minimizes need for arteriography after inadequate carotid duplex ultrasound scanning. *J. Vas. Surg.* 2003; 38: 422-31.

10. Шевелёв В.И., Канорский С.Г., Поморцев А.В. Ультразвуковая оценка ригидности аорты и сонных артерий у больных с фибрилляцией предсердий пожилого возраста. *Кубанский научный медицинский вестник.* 2010; 6 (120): 167-9.

11. Chen W.H., Jin W., Lyu P.Y., Liu Y., Li R., Hu M. et al. Carotid Atherosclerosis and Cognitive Impairment in Nonstroke Patients. *Chin Med J (Engl).* 2017; 130 (19): 2375-9. DOI: 10.4103/0366-6999.215331.

12. Touboul P.J., Hennerici M.G., Meairs S., Adams H., Amarenco P., Desvarieux M. et al. Mannheim Intima-Media Thickness

Consensus. *Cerebrovasc. Dis.* 2004; 18: 346-9. DOI: 10.1159/000343145

13. Куликов В.П. ред., Кирсанов Р.И., Засорин С.В., Шульгина Л.Э., Дическул М.А., Беспалов А.Г. и др. Стандарты дуплексного сканирования сосудов. Барнаул, Алтайский медицинский университет, 2012. 70 с.

14. Куликов В.П. Основы ультразвукового исследования сосудов. Москва, Видар-М, 2015. 392 с.

15. European Carotid Surgery Trialists' Collaborative Group. MRC European Carotid Surgery Trial: interim results for symptomatic patients with severe (70-99%) or with mild (0-29%) carotid stenosis. *Lancet.* 1991; 337: 1235-43.

16. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial (NASCET) Collaborators. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade carotid stenosis. *N Engl J Med.* 1991; 325: 445-53.

17. Grant E.G., Benson C.B., Moneta G.L., Alexandrov A.V., Baker J.D., Bluth E.I. et al. Carotid artery stenosis: gray-scale and Doppler US diagnosis - Society of Radiologists in Ultrasound Consensus Conference. *Radiology.* 2003; 229: 340-6. DOI: 10.1148/radiol.2292030516

18. Юрченко Д.А., Китачев К.В., Ерофеев А.А., Хубулава Г.Г. Хирургическое лечение стенозов сонных артерий. Санкт-Петербург, Наука, 2010. 210 с.

19. Казанчян П.О., Попов В.А., Ларьков Р.Н., Рудакова Т.В., Валиков Е.А., Стеняев Ю.А. Сравнительная оценка классической и эверсионной методик каротидной эндартерэктомии. *Ангиология и сосудистая хирургия.* 2002; 8 (3): 81-6.

20. Gaunt M.E., Brown L., Harttshome T., Bell P.R., Naylor A.R. Unstable carotid plaques: preoperative identification and association with intraoperative embolisation detected by transcranial Doppler. *J. Vasc. Surg.* 1996; 11: 78-82. DOI: 10.1016/s1078-5884(96)80139-0

21. Geroulakos G., Ramaswami G., Lambropoulos N., James K., Labropoulos N., Belcaro G. et al. Characterization of symptomatic and asymptomatic carotid plaques using high-resolution realtime ultrasonography. *Br. J. Surg.* 1993; 80: 1274-7. DOI: 10.1002/bjs.1800801016

22. Gray-Weale A.C., Graham J.C., Burnett J.R., Byrne K., Lusby R.J. Carotid artery atheroma: comparison of preoperative B-mode ultrasound appearance with carotid endarterectomy specimen pathology. *J. Cardiovasc. Surg.* 1988; 29: 676.

23. Van Damme H., Vivario M. Pathologic aspects of carotid plaques: surgical and clinical significance. *Intern. Angiol.* 1993; 12: 299-311.

24. Четкин А.О., Друина Л.Д., Евдокименко А.Н., Гулевская Т.С., Скрылев С.И., Танащян М.М. Новые подходы к оценке признаков нестабильности атеросклеротической бляшки в сонных артериях. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии.* 2017; 11 (1): 47-54.

25. Шевелёв В.И., Канорский С.Г., Поморцев А.В. Ультразвуковые методы диагностики и их значимость у больных пожилого возраста с неклапанной фибрилляцией предсердий. *Кубанский научный медицинский вестник.* 2013; 1 (136): 191-4.

26. Filis K., Toufektzian L., Galyfos G., Sigala F., Kourkovi P., Georgopoulos S. et al. Assessment of the vulnerable carotid atherosclerotic plaque using contrast-enhanced ultrasonography. *Vascular.* 2017; 25 (3): 316-25. DOI: 10.1177/1708538116665734.

27. Saha S., Gourineni V., Feinstein S. The Use of Contrast-enhanced Ultrasonography for Imaging of Carotid Atherosclerotic Plaques: Current Evidence, Future Directions. *Neuroimaging Clin N Am.* 2016; 26 (1): 81-96. DOI: 10.1016/j.nic.2015.09.007.

28. Müller H., Viacoz A., Kuzmanovic I., Bonvin C., Burkhardt K., Bochaton-Piallat M. et al. Contrast-enhanced ultrasound imaging of carotid plaque neo-vascularization: accuracy of visual analysis. *Ultrasound Med Biol.* 2014; 40 (1): 18-24. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2013.08.012.

29. Paulsen F., Tillmann B., Christofides C., Richter W., Koebe J. Curving and looping of the internal carotid artery in relation to the pharynx: frequency, embryology and clinical implications. *J. Anat.* 2000; 197 (3): 373-81. DOI: 10.1046/j.1469-7580.2000.19730373.x

30. Fisher A.G.T. Sigmoid tortuosity of the internal carotid artery and its relation to tonsil and pharynx. *Lancet.* 1915; 2: 128-30.

31. Riser M., Gerard J., Ribaut L. Dolichocarotide interne avec syndrome vertigineux. *Rev. Neurol.* 1951; 85: 145.

32. Верецагин Н.В., Ганнушкина И.В., Суслина З.А. ред., Болдырев А.А. Очерки ангионеврологии. Москва, Атмосфера, 2005. 368 с.

33. Yu J., Qu L., Xu B., Wang S., Li C., Xu X. et al. Current Understanding of Dolichoarteriopathies of the Internal Carotid Artery: A Review. *Int J Med Sci.* 2017; 14 (8): 772-84. doi: 10.7150/ijms.19229. eCollection 2017.

34. Weibel J., Fields W.S. Tortuosity, Coiling, and Kinking of the Internal Carotid Artery. I. Etiology and Radiographic Anatomy. *Neurology.* 1965; 15: 7-18. DOI: 10.1212/wnl.15.1.7

35. Weibel J., Fields W.S. Tortuosity, Coiling, and Kinking of the Internal Carotid Artery. II. Relationship of Morphological Variation to Cerebrovascular Insufficiency. *Neurology.* 1965; 15: 462-8. DOI: 10.1212/wnl.15.5.462

36. Metz H., Murray-Leslie R.M., Bannister R.G., Bull J.W., Marshall J. Kinking of the internal carotid artery. *Lancet.* 1961; 1: 424-6. DOI: 10.1016/s0140-6736(61)90004-6

37. Derrick J.R., Estess M., Williams D. Circulatory Dynamics in Kinking of the Carotid Artery. *Surgery.* 1965; 58: 381-3.

38. Каплан М.А., Вонцевич Д.Н. Влияние формы патологической извитости внутренней сонной артерии на церебральную гемодинамику. *Ангиология и сосудистая хирургия.* 2013; 19: 102-6.

39. Stanton P.E. Jr, McClusky D.A. Jr, Lamis P.A. Hemodynamic assessment and surgical correction of kinking of the internal carotid artery. *Surgery.* 1978; 84: 793-802.

40. Fields W.S. Selection of patients with ischemic cerebrovascular disease for arterial surgery. *World J Surg.* 1979; 3: 147-54.

41. Benedetto F., Massara M., Lentini S., Spinelli F. A case of aneurysm and kinking of the extracranial internal carotid artery. *Asian Cardiovasc Thorac Ann.* 2012; 20: 705-7. DOI: 10.1177/0218492312440701

42. Noad R.L., O'Donnell M.E., McCavert M., Gardner R., Lee B., Lau L.L. A carotid artery aneurysm with a twist: case report and review. *Ir J Med Sci.* 2012; 181: 321-4. DOI: 10.1007/s11845-009-0353-1

43. Nenezic D., Tanaskovic S., Radak D., Babic S., Gajin P. Primary repair of internal carotid artery aneurysm secondary to kinking and cystic medial degeneration. *Vasc Endovascular Surg.* 2013; 47: 304-9. DOI: 10.1177/1538574413481119.

References:

1. Suslina Z.A., Varakin Y.Y. *Clinical guide to early diagnosis, treatment and prevention of vascular brain diseases*. Moscow, MEDpress-inform, 2017. 352 p. (in Russian).
2. *National Recommendations for the Management of Patients with Brachiocephalic Artery Diseases [Electronic Resource]*. Moscow, 2013. 72 p. Available at: http://www.angiolsurgery.org/recommendations/2013/recommendations_brachiocephalic.pdf (in Russian).
3. Jadhav A.P., Jovin T.G. *Vascular imaging of the head and neck*. *Semin Neurol*. 2012; 32: 401-10. DOI: 10.1055/s-0032-1331811.
4. Jalali A., Srinivasan V.M., Chinnadurai P., Kan P., Arthur A., Duckworth E.A. *Two-color 3D-3D fusion of selective rotational cerebral angiograms: a novel approach to imaging in cerebrovascular neurosurgery*. *J Neurointerv Surg*. 2016; 8: 1056-60. DOI: 10.1136/neurintsurg-2015-011963
5. Pellegrino L., Prencipe G., Vairo F. *Dolicho-arteriopathies (kinking, coiling, tortuosity) of the carotid arteries: study by color Doppler ultrasonography*. *Minerva Cardioangiol*. 1998; 46: 69-76.
6. Chechotkin A.O., Lagoda O.V., Shabalova A.V. *To the question of indications to duplex scanning of carotid arteries*. *Neurological journal*. 2007; 12 (4): 46-51 (in Russian).
7. Fonjakin A.V., Suslina Z.A., Geraskina L.A. *Cardiological diagnosis in ischemic stroke*. St. Petersburg, INCART, 2005. 224 p. (in Russian).
8. Pokrovskiy A.V., Beloyartsev D.F., Timina I.E., Adirkhaev Z.A. *When do you need to operate the pathological deformation of the internal carotid artery?* *Angiology and vascular surgery*. 2010; 16 (4): 116-22 (in Russian).
9. Back M.R., Rogers G.A., Wilson J.S., Johnson B.L., Shames M.L., Bandyk D.F. *Magnetic resonance angiography minimizes need for arteriography after inadequate carotid duplex ultrasound scanning*. *J. Vas. Surg*. 2003; 38: 422-31.
10. Shevelev V.I., Kanorskiy S.G., Pomortsev A.V. *Ultrasound evaluation of aortic and carotid artery rigidities in older patients with atrial fibrillation*. *Kuban Scientific Medical Bulletin*. 2010; 6 (120): 167-9 (in Russian).
11. Chen W.H., Jin W., Lyu P.Y., Liu Y., Li R., Hu M. et al. *Carotid Atherosclerosis and Cognitive Impairment in Nonstroke Patients*. *Chin Med J (Engl)*. 2017; 130 (19): 2375-9. DOI: 10.4103/0366-6999.215331.
12. Touboul P.J., Hennerici M.G., Meairs S., Adams H., Amarenco P., Desvarieux M. et al. *Mannheim Intima-Media Thickness Consensus*. *Cerebrovasc. Dis*. 2004; 18: 346-349. DOI: 10.1159/000343145
13. Kulikov V.P. ed., Kirсанov R.I., Zасorin S.V., Shulgina L.E., Dicheskul M.L., Bєspalov A.G. et al. *Standards of duplex scanning of vessels*. Barnaul, Altai Medical University, 2012. 70 p. (in Russian).
14. Kulikov V.P. *Bases of ultrasonic examination of vessels*. Moscow, Vidar-M, 2015. 392 p. (in Russian).
15. *European Carotid Surgery Trialists' Collaborative Group*. *MRC European Carotid Surgery Trial: interim results for symptomatic patients with severe (70-99%) or with mild (0-29%) carotid stenosis*. *Lancet*. 1991; 337: 1235-43.
16. *North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial (NASCET) Collaborators*. *Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade carotid stenosis*. *N Engl J Med*. 1991; 325: 445-53.
17. Grant E.G., Benson C.B., Moneta G.L., Alexandrov A.V., Baker J.D., Bluth E.I. et al. *Carotid artery stenosis: gray-scale and Doppler US diagnosis - Society of Radiologists in Ultrasound Consensus Conference*. *Radiology*. 2003; 229: 340-6. DOI: 10.1148/radiol.2292030516
18. Yurchenko D.L., Kitachev K.V., Erofeev A.A., Khubulava G.G. *Surgical treatment of carotid stenosis*. St. Petersburg, Science, 2010. 210 p. (in Russian).
19. Kazanchyan P.O., Popov V.A., Larkov R.N., Rudakova T.V., Valikov E.A., Stenyaev Y.A. *Comparative evaluation of classical and eversion techniques of carotid endarterectomy*. *Angiology and vascular surgery*. 2002; 8 (3): 81-6 (in Russian).
20. Gaunt M.E., Brown L., Harttsshome T., Bell P.R., Naylor A.R. *Unstable carotid plaques: preoperative identification and association with intraoperative embolisation detected by transcranial Doppler*. *J. Vasc. Surg*. 1996; 11: 78-82. DOI: 10.1016/s1078-5884(96)80139-0
21. Geroulakos G., Ramaswami G., Lambropoulos N., James K., Labropoulos N., Belcaro G. et al. *Characterization of symptomatic and asymptomatic carotid plaques using high-resolution realtime ultrasonography*. *Br. J. Surg*. 1993; 80: 1274-7. DOI: 10.1002/bjs.1800801016
22. Gray-Weale A.C., Graham J.C., Burnett J.R., Byrne K., Lusby R.J. *Carotid artery atheroma: comparison of preoperative B-mode ultrasound appearance with carotid endarterectomy specimen pathology*. *J. Cardiovasc. Surg*. 1988; 29: 676.
23. Van Damme H., Vivario M. *Pathologic aspects of carotid plaques: surgical and clinical significance*. *Intern. Angiol*. 1993; 12: 299-311.
24. Chechotkin A.O., Druina L.D., Evdokimenko A.N., Gulevskaya T.S., Scriver S.I., Tanashyan M.M. *New approaches to assessing signs of atherosclerotic plaque instability in carotid arteries*. *Annals of Clinical and Experimental Neurology*. 2017; 11 (1): 47-54 (in Russian).
25. Shevelev V.I., Kanorskiy S.G., Pomortsev A.V. *Ultrasound diagnostic methods and their significance in elderly patients with non-valvular atrial fibrillation*. *Kuban Scientific Medical Bulletin*. 2013; 1 (136): 191-4 (in Russian).
26. Filis K., Toufektzian L., Galyfos G., Sigala F., Kourkaveli P., Georgopoulos S. et al. *Assessment of the vulnerable carotid atherosclerotic plaque using contrast-enhanced ultrasonography*. *Vascular*. 2017; 25 (3): 316-25. DOI: 10.1177/1708538116665734.
27. Saha S., Gourineni V., Feinstein S. *The Use of Contrast-enhanced Ultrasonography for Imaging of Carotid Atherosclerotic Plaques: Current Evidence, Future Directions*. *Neuroimaging Clin N Am*. 2016; 26 (1): 81-96. DOI: 10.1016/j.nic.2015.09.007.
28. Müller H., Viaccoz A., Kuzmanovic I., Bonvin C., Burkhardt K., Bochaton-Piallat M. et al. *Contrast-enhanced ultrasound imaging of carotid plaque neo-vascularization: accuracy of visual analysis*. *Ultrasound Med Biol*. 2014; 40 (1): 18-24. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2013.08.012.
29. Paulsen F., Tillmann B., Christofides C., Richter W., Koebke J. *Curving and looping of the internal carotid artery in relation to*

- the pharynx: frequency, embryology and clinical implications. J. Anat.* 2000; 197 (3): 373-81. DOI: 10.1046/j.1469-7580.2000.19730373.x
30. Fisher A.G.T. Sigmoid tortuosity of the internal carotid artery and its relation to tonsil and pharynx. *Lancet.* 1915; 2: 128-30.
31. Riser M., Gerard J., Ribaut L. Dolichocarotide interne avec syndrome vertigineux. *Rev. Neurol.* 1951; 85: 145.
32. Vereshagin N.V., Gannushkina I.V., Suslina Z.A. ed., Boldireva A.A. *Essays of angioneurology.* Moscow, Atmosphere, 2005. 368 p. (in Russian).
33. Yu J., Qu L., Xu B., Wang S., Li C., Xu X. et al. Current Understanding of Dolichoarteriopathies of the Internal Carotid Artery: A Review. *Int J Med Sci.* 2017; 14 (8): 772-84. doi: 10.7150/ijms.19229. eCollection 2017.
34. Weibel J., Fields W.S. Tortuosity, Coiling, and Kinking of the Internal Carotid Artery. I. Etiology and Radiographic Anatomy. *Neurology.* 1965; 15: 7-18. DOI: 10.1212/wnl.15.1.7
35. Weibel J., Fields W.S. Tortuosity, Coiling, and Kinking of the Internal Carotid Artery. II. Relationship of Morphological Variation to Cerebrovascular Insufficiency. *Neurology.* 1965; 15: 462-8. DOI: 10.1212/wnl.15.5.462
36. Metz H., Murray-Leslie R.M., Bannister R.G., Bull J.W., Marshall J. Kinking of the internal carotid artery. *Lancet.* 1961; 1: 424-6. DOI: 10.1016/s0140-6736(61)90004-6
37. Derrick J.R., Estess M., Williams D. Circulatory Dynamics in Kinking of the Carotid Artery. *Surgery.* 1965; 58: 381-3.
38. Kaplan M.L., Bontsevich D.N. Effect of the form of pathological tortuosity of the internal carotid artery on cerebral haemodynamics. *Angiology and vascular surgery.* 2013; 19: 102-6 (in Russian)
39. Stanton P.E. Jr, McClusky D.A. Jr, Lamis P.A. Hemodynamic assessment and surgical correction of kinking of the internal carotid artery. *Surgery.* 1978; 84: 793-802.
40. Fields W.S. Selection of patients with ischemic cerebrovascular disease for arterial surgery. *World J Surg.* 1979; 3: 147-54.
41. Benedetto F., Massara M., Lentini S., Spinelli F. A case of aneurysm and kinking of the extracranial internal carotid artery. *Asian Cardiovasc Thorac Ann.* 2012; 20: 705-7. DOI: 10.1177/0218492312440701
42. Noad R.L., O'Donnell M.E., McCavert M., Gardner R., Lee B., Lau L.L. A carotid artery aneurysm with a twist: case report and review. *Ir J Med Sci.* 2012; 181: 321-4. DOI: 10.1007/s11845-009-0353-1
43. Nenezic D., Tanaskovic S., Radak D., Babic S., Gajin P. Primary repair of internal carotid artery aneurysm secondary to kinking and cystic medial degeneration. *Vasc Endovascular Surg.* 2013; 47: 304-9. DOI: 10.1177/1538574413481119.