Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова
2019, т. 119, № 8, с. 68-74
https://doi.org/10.17116/jnevro201911908168

S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry
2019, vol. 119, no 8, pp. 68-74
https://doi.org/10.17116/jnevro201911908168

Анализ показателей кровотока в патологически извитых внутренних сонных артериях при их ортостатической и ротационной транспозициях

© Л.А. МЕДВЕДЕВА, О.И. ЗАГОРУЛЬКО, Ю.В. БЕЛОВ, Е.Ф. ДУТИКОВА, Е.Ю. МАЛЕНКОВА

ФГБНУ «Российский научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского», Москва, Россия

Резюме

Цель исследования. Оценка динамики характера кровотока у пациентов с гемодинамически значимыми патологическими извитостями (ПИ) внутренних сонных артерий (ВСА) при их ортостатической и ротационной транспозициях. **Материал и методы.** Обследованы 86 пациентов (35 с ПИ ВСА на фоне дисплазии соединительной ткани и 51 с ПИ ВСА вследствие гипертонической болезни) и 20 условно здоровых людей. Всем больным было проведено дуплексное сканирование. Все показатели оценивали в положении пациента лежа на спине и при функциональных нагрузочных пробах (ортостатической; ротационной). **Результаты.** Пиковая систолическая, конечная диастолическая скорость кровотока и индекс периферического сопротивления значимо не отличались у пациентов с ПИ ВСА на фоне гипертонической болезни и дисплазии соединительной ткани. Прирост линейной скорости кровотока в изгибах был достоверно выше при S-образных извитостях вне зависимости от причины их формирования ($p<0,05$). При ортостатической транспозиции значимых изменений показателей гемодинамики во ВСА не происходило у здоровых людей, выявлено более частое формирование турбулентных потоков крови в группе с гипертонической болезнью (78%) и снижение линейной скорости кровотока в положении стоя у пациентов с ПИ ВСА на фоне дисплазии соединительной ткани. Ротационная транспозиция не изменяла гемодинамики во ВСА у здоровых людей и значимо влияла на показатели линейной скорости кровотока у пациентов с ПИ ВСА. **Заключение.** Изменения показателей гемодинамики в области извитости при ортостатической и ротационной транспозициях ВСА демонстрируют более значимые нарушения у пациентов с ПИ ВСА на фоне гипертонической болезни по сравнению с пациентами с дисплазией соединительной ткани. Ротационная транспозиция ПИ ВСА является наиболее информативной для выявления турбулентных потоков крови и прироста пиковой линейной скорости кровотока в зоне извитости.

Ключевые слова: *патологическая извитость внутренних сонных артерий, кинкинг внутренних сонных артерий, диагностика патологических извитостей внутренних сонных артерий, дуплексное сканирование брахиоцефальных артерий, ортостатическая транспозиция внутренней сонной артерии, ротационная транспозиция внутренней сонной артерии.*

Сведения об авторах:
Медведева Л.А. — e-mail: ludmila.medvedeva@gmail.com; https://orcid.org/0000-0002-4191-7224
Загорулько О.И. — e-mail: ozagorulko@gmail.com; https://orcid.org/0000-0002-2713-9577
Белов Ю.В. — e-mail: belovmed@gmail.com; https://orcid.org/0000-0001-5945-8196
Дутикова Е.Ф. — e-mail: dutikova@inbox.ru; https://orcid.org/0000-0002-4840-0607
Маленкова Е.Ю. — e-mail elizavetarodina@mail.ru; https://orcid.org/0000-0002-6701-6870

Как цитировать:
Медведева Л.А., Загорулько О.И., Белов Ю.В., Дутикова Е.Ф., Маленкова Е.Ю. Анализ показателей кровотока в патологически извитых внутренних сонных артериях при их ортостатической и ротационной транспозициях. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2019;119(8):68-74. https://doi.org/10.17116/jnevro201911908168

An analysis of blood flow indicators in pathological kinked internal carotid arteries with their orthostatic and rotational positions

© L.A. MEDVEDEVA, O.I. ZAGORULKO, YU.V. BELOV, E.F. DUTIKOVA, E.YU. MALENKOVA

Petrovsky National Research Center of Surgery, Moscow, Russia

Abstract

Objective. To assess the dynamics of blood flow in patients with hemodynamically significant pathological kinked internal carotid arteries (PK ICA) with their orthostatic and rotational positions. **Material and methods.** Eighty-six patients, including 35 with PK ICA due to fibromuscular dysplasia (FMD) and 51 with PK ICA due to hypertensive heart disease, and 20 healthy people were examined. All patients underwent Doppler ultrasound scanning. All indicators were evaluated in the position of the patient lying on his back and functional stress tests (orthostatic, rotational). **Results.** The peak systolic velocity, end diastolic velocity, periph-

Автор, ответственный за переписку: Медведева Людмила Анатольевна — e-mail: ludmila.medvedeva@gmail.com

Corresponding author: Medvedevaa L.A. — e-mail: ludmila.medvedeva@gmail.com

eral resistance index did not differ significantly in patients with PK ICA due to FMD and hypertensive heart disease. The increase of blood flow in bends was significantly higher with S-shaped kinking, regardless of the reason for their formation (p<0.05). In orthostatic position, significant changes of hemodynamic parameters in ICA in healthy people did not occur. Moreover, more frequent formation of turbulent blood flows in the group with hypertensive heart disease (78%) and a decrease in LBFV in the standing position were found in patients with PK ICA due to FMD. Rotational position did not alter the hemodynamics in ICA in healthy people and significantly influenced the values of LBFV in patients with PK ICA. **Conclusion.** Changes in hemodynamic parameters in the area of kinking with orthostatic and rotational positions of ICA demonstrate more significant impairments in patients with PK ICA due to hypertensive heart disease compared to patients with FMD. The rotational position of PK ICA is the most informative for identifying turbulent blood flow and an increase in peak systolic velocity in the area of kinking.

Keywords: *pathological kinking of internal carotid arteries, diagnostics of pathological kinking of internal carotid arteries, duplex scanning of brachiocephalic arteries, orthostatic transposition of the internal carotid artery, rotational transposition of the internal carotid artery.*

Information about the authors:
Medvedevaa L.A. — e-mail: ludmila.medvedeva@gmail.com; https://orcid.org/0000-0002-4191-7224
Zagorulko O.I. — e-mail: ozagorulko@gmail.com; https://orcid.org/0000-0002-2713-9577
Belov Yu.V. — e-mail: belovmed@gmail.com; https://orcid.org/0000-0001-5945-8196
Dutikova E.F. — e-mail: dutikova@inbox.ru; https://orcid.org/0000-0002-4840-0607
Malenkova E.Yu. — e-mail elizavetarodina@mail.ru; https://orcid.org/0000-0002-6701-6870

To cite this article:
Medvedeva LA, Zagorulko OI, Belov YuV, Dutikova EF, Malenkova EYu. An analysis of blood flow indicators in pathological kinked internal carotid arteries with their orthostatic and rotational positions. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry = Zhurnal Nevrologii i Psikhiatrii im. S.S. Korsakova*. 2019;119(8):68-74. (In Russ.). https://doi.org/10.17116/jnevro201911908168

Количество хирургических вмешательств на брахиоцефальных артериях (БЦА) ежегодно увеличивается, а каротидная эндартерэктомия является второй по частоте операцией (после аортокоронарного шунтирования) в сердечно-сосудистой хирургии [1]. Учитывая развитие медицины, совершенствование методов диагностики и лечения кардиоваскулярных заболеваний, техник хирургических вмешательств, достижений в области анестезиологии и реаниматологии, а также всеобщее постарение населения, становится очевидным дальнейшее увеличение выполняемых реконструкций внутренних сонных артерий (ВСА). В этой связи актуальной задачей является совершенствование методов диагностики и лечения пациентов с патологией БЦА.

В структуре патологических изменений ВСА их конфигурационные деформации уступают только атеросклеротическому поражению, встречаясь с частотой от 10 до 43% в популяции [2, 3]. В то время как критерии диагностики и методы лечения при окклюзирующих поражениях БЦА четко определены, клиническая значимость и тактика ведения пациентов с патологическими извитостями (ПИ) ВСА до настоящего времени активно обсуждаются.

По данным A. Gugulakis и ряда других авторов, операции по поводу ПИ ВСА в мире составляют от 4 до 14,9% среди всех хирургических вмешательств, выполняемых на сонных артериях, уступая по частоте лишь каротидной эндартерэктомии [4, 5]. В странах Северной Америки, Австралии, Великобритании и большинстве стран Евросоюза хирургические вмешательства по поводу ПИ ВСА осуществляют лишь у больных, имеющих клинические проявления церебральной ишемии. В Российской Федерации отмечено устойчивое снижение частоты хирургических вмешательств по поводу ПИ ВСА: в 2012 г. выполнена 1801 операция, в 2013 г. — 1587, в 2014 г. — 1338, что составляет 11—12% среди всех операций на ВСА [6]. В то время как общее число хирургических вмешательств, выполняемых на БЦА, ежегодно возрастает (2012 г. — 16 228 операций, 2014 г. — 20 458, 2016 г. — 25 719, 2017 г. — 26 637) [7].

Совершенно очевидны потенциальные риски цереброваскулярных осложнений вследствие ПИ ВСА. Так, инверсия кровотоков и столкновение антеградного и ретроградного потоков крови в зоне извитости могут приводить к тромбообразованию и развитию сосудисто-мозговой патологии [8]. Формирующиеся турбулентные кровотоки способствуют агрегации тромбоцитов и образованию микротромбов, представляя потенциальную угрозу возникновения артерио-артериальной эмболии интракраниальных артерий [9]. При ПИ ВСА локальное давление крови в изгибе является минимальным на внутренней стенке и прогрессивно увеличивается, достигая максимума на наружной стенке изгиба. Обратно пропорционально локальному давлению изменяется и локальная скорость кровотока — минимальная у наружного и максимальная у внутреннего края изгиба. За счет градиента давления возникают стабильные вторичные потоки поперечной циркуляции, которые имеют турбулентный характер. Все это приводит к снижению перфузионного давления в дистальных ветвях ПИ ВСА, что при недостаточном коллатеральном кровообращении обусловливает формирование хронической церебральной ишемии [10].

В работе Y. Ke и соавт. продемонстрировано влияние гемодинамически значимой извитости ВСА на прогрессирование хронической церебральной ишемии. Анализируя результаты магнитно-резонансной томографии головного мозга у 703 исследуемых с кинкингами ВСА (подтвержденными при мультиспиральной компьютерной ангиографии — МСКТ АГ), авторы пришли к выводу, что ПИ ВСА способствует развитию лейкоареоза и прогрессированию хронической церебральной ишемии у пациентов среднего и пожилого возраста [11].

В ретроспективном анализе влияния ПИ и петлеобразования на формирование стенозов ВСА L. Saba и соавт. указывают на достоверно более частое их развитие на фоне извитости, чем петлеобразования [12].

Специфичных для ПИ ВСА клинических симптомов не существует, а объективный осмотр является малоинформа-

тивным. Данные физикального обследования и аускультации также в большинстве случаев не обладают диагностической ценностью. В этой связи основную роль в их выявлении играют инструментальные методы исследований. Дуплексное сканирование БЦА позволяет установить форму извитости и оценить характер кровотоков в зоне деформации ВСА. Высокая специфичность и чувствительность метода в визуализации ПИ ВСА доказана в многочисленных исследованиях [13, 14]. В то же время при высоком расположении извитости дуплексное сканирование БЦА недостаточно информативно. В таких случаях используют рентгеноконтрастную ангиографию, магнитно-резонансную ангиографию (МРА) и МСКТ АГ. Большинство исследователей предпочитают проводить комплексную диагностику с использованием методов ультразвукового исследования и нейровизуализации (МРА, МСКТ АГ), что позволяет определить наличие ПИ ВСА, их анатомо-топографические особенности и гемодинамическую значимость [15, 16].

Несмотря на возможность использования пространственной визуализации изгибов при ангиографических методиках, основным исследованием, определяющим их гемодинамическую значимость, является дуплексное сканирование БЦА, которое позволяет оценить функциональные характеристики кровотока [9, 15, 16].

Мнения авторов по поводу критериев гемодинамической значимости ПИ различаются. Одни считают основным показателем ускорение линейной скорости кровотока (ЛСК) более 1,5 м/с [17], другие указывают на 2,0 м/с и более [16, 18]. Некоторые исследователи придерживаются мнения, что формирование турбулентных потоков крови в зоне извитости характеризует ее как гемодинамически значимую вне зависимости от величины ЛСК [13, 19]. Пороговые скорости ЛСК для принятия решения о хирургической тактике лечения также разнятся [17, 20, 21]. В качестве показания к хирургическому лечению приводятся такие характеристики, как увеличение ЛСК более чем в 2 раза, а также формирование турбулентности потока крови в зоне деформации [22]. Некоторые авторы измеряют степень снижения кровотока в зоне извитости в процентном соотношении, как при стенотическом поражении. ПИ ВСА становится тем более значимой, чем меньше угол изгиба: угол 60° обусловливает снижение кровотока на 40%, а изгиб ВСА под углом 30° — на 60%. Так, F. Grego и соавт. считают оправданной хирургическую тактику лечения асимптомных больных только при наличии угла изгиба ВСА меньше 30° и окклюзии контралатеральной ВСА [23], в то время как H. Van Damme и соавт. рекомендуют хирургическое лечение при наличии угла в изгибе меньше 60° как симптомным, так и асимптомным пациентам [24].

К сожалению, на сегодняшний день не проведено ни одного многоцентрового рандомизированного исследования, аналогичного таковым при атеросклеротическом стенозе ВСА, которое позволило бы сформулировать единый протокол обследования и лечения пациентов с ПИ ВСА. Поэтому вопрос о показаниях к оперативному лечению до сих пор остается спорным и решается индивидуально каждым хирургом на основании накопленного опыта [1, 10, 15—18]. Вместе с тем отечественными экспертами во главе с ведущими ангиохирургами сформулированы и опубликованы национальные рекомендации по диагностике и хирургическому лечению ПИ ВСА. Согласно им критериями гемодинамической значимости ПИ ВСА являются: увеличение ЛСК в зоне деформации до 1,5 м/с и более и/или увеличение ЛСК в зоне деформации более чем в 2,5 раза по сравнению с проксимальным (интактным) отделом ВСА; регистрация турбулентного кровотока в просвете ВСА. На основании тех же рекомендаций показания к хирургическому лечению пациентов с ПИ ВСА должны быть строго дифференцированы в зависимости от исходной степени сосудисто-мозговой недостаточности. У пациентов со II и IV степенью показанием к операции является доказанное наличие ПИ. У пациентов с III степенью — доказанное наличие и гемодинамическая значимость ПИ. Асимптомные больные могут быть прооперированы при доказанном наличии и гемодинамической значимости ПИ только в качестве первого этапа хирургического лечения при необходимости выполнения иной операции (перед оперативными вмешательствами на других артериальных бассейнах или обширными операциями на других органах) [25].

Таким образом, вопрос о необходимости хирургического лечения ПИ ВСА, при отсутствии клинической симптоматики их поражения, остается открытым.

E. Ballotta и соавт. в рандомизированном клиническом исследовании [20] проанализировали эффективность хирургического лечения гемодинамически значимых извитостей ВСА. Для этого 182 пациента были разделены на две группы (92 исследуемым были проведены резекции кинкингов ВСА, а 90 больных получали медикаментозное лечение — только препараты ацетилсалициловой кислоты). Основным критерием включения в исследование было ускорение ЛСК в зоне изгиба от 1,5 до 2,4 м/с, а выявление стеноза ВСА более 50% рассматривали как критерий невключения. Для оценки эффективности лечения использовали такие показатели, как формирование инсультов (периоперационных и в более поздние сроки), смертность вследствие перенесенных острых нарушений мозгового кровообращения, развитие нейроофтальмического синдрома, а также формирование окклюзий в зоне извитости ВСА. Длительность исследования составила от 1 мес до 10 лет. Анализируемые показатели регистрировали через 1, 6 и 12 мес, а затем каждые 6 мес в течение всего периода наблюдения. Хирургическое лечение ни в одном случае не сопровождалось летальным исходом или развитием инсульта в периоперационном периоде. Преходящие нарушения мозгового кровообращения в группе консервативной терапии встречались с частотой 21,1%, в то время как у прооперированных больных в послеоперационном периоде они развивались в 3 раза реже, составив 7,6%. Частота развития нейроофтальмического синдрома была 12,2 и 3,2% для групп консервативного и хирургического лечения соответственно. Летальность вследствие перенесенного инсульта наблюдали только в группе медикаментозного лечения (у 5,5% больных). Формирование окклюзий ВСА тоже имело место только в группе консервативной терапии (у 2,2% пациентов). Полученные данные подтверждают эффективность хирургического лечения ПИ ВСА с точки зрения профилактики инсультов.

Цель исследования — оценка динамики характера кровотока у пациентов с гемодинамически значимыми ПИ ВСА при их ортостатической и ротационной транспозиции.

Материал и методы

Наблюдали 86 пациентов, у которых при проведении дуплексного сканирования БЦА были выявлены гемодинамически значимые ПИ ВСА. Период наблюдения соста-

вил с мая 2017 г. по апрель 2018 г. Основным критерием включения в исследование было увеличение ЛСК более 1,50 м/с в зоне изгиба. Атеросклеротическое поражение сонных артерий со стенозами более 40%, декомпенсация гипертонической болезни на момент проведения работы, а также увеличение ЛСК 1,49 м/с и менее рассматривали как критерии невключения.

Обследование пациентов предусматривало стандартные общеклинические исследования, оценку неврологического статуса и проведение дуплексного сканирования БЦА. Определяли наличие и локализацию ПИ ВСА, ее тип (S-образная, С-образная, наличие ротации), удаленность от устья ВСА и степень нарушения локальной гемодинамики (увеличение ЛСК и наличие турбулентных потоков крови). Среди количественных параметров анализировали пиковую систолическую скорость, конечную диастолическую скорость, среднюю ЛСК, индекс периферического сопротивления. Под приростом кровотока понимали увеличение ЛСК в изгибе по сравнению с его величиной до изгиба, выраженного в процентах. Изменения в пределах 5% принимали за погрешность измерения аппарата. Все показатели оценивали в положении пациента лежа на спине и при функциональных нагрузочных пробах (ортостатической — при переходе пациента из положения лежа в положение сидя и из положения сидя в положение стоя; ротационной — в положении лежа на спине при повороте головы в противоположную сторону).

Исследование выполняли на ультразвуковых сканерах экспертного уровня LOGIC7 и VIVID-7 (GE, США) мультичастотным линейным датчиком частотой 7—14 Гц, предварительно проконтролировав величину систолического артериального давления на обеих руках.

Поскольку прежде подобный анализ (детализации кровотока в ВСА при ортостатической и ротационной транспозиции) не проводили, для определения нормальных величин обследование было выполнено у 20 здоровых респондентов.

Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью пакетов программ SPSS-22 и Exel. Значения рассматривали как независимые показатели для левой и правой сторон. С целью поиска различий применяли многофакторный дисперсионный анализ — непараметрический аналог ANOVA — критерий Краскела—Уоллиса (тест Шапиро—Уилка). Для анализа внутригрупповых различий использовали непараметрический критерий Уилкоксона, так как распределение значений ЛСК отличалось от нормального.

Результаты

Среди пациентов с ПИ ВСА преобладали женщины (80,2%). Возраст — от 19 до 82 лет, в среднем — 58,5±4,5 года. ПИ ВСА чаще была двусторонней (55,8%).

Гипертоническая болезнь имела место у 51 (59,3%), а дисплазия соединительной ткани — у 35 (40,7%) пациентов — в качестве вероятной причины формирования извитости. Длительность гипертонической болезни составила 12±4,7 года, все пациенты были медикаментозно компенсированы. Диагноз дисплазии соединительной ткани был верифицирован на основании клинического осмотра (множественные фенотипические признаки), интерпретации результатов инструментальных исследований и медико-генетического консультирования. Среди всех пациентов с дисплазией соединительной ткани практически каждый десятый имел ее дифференцированную форму (в виде синдрома Элерса—Данло у 6,9% и синдрома Марфана у 5,8%).

Большинство пациентов (74,4%), включенных в исследование, предъявляли жалобы на головную боль, головокружение, слабость, повышенную утомляемость, нарушение концентрации внимания, снижение памяти, зрения. В неврологическом статусе только у 9,3% больных выявлены признаки очагового поражения головного мозга, соответствующие стороне извитости (с формированием неврологической симптоматики контралатерально). Повторные транзиторные ишемические атаки перенесли 8,1% пациентов, у 3,6% больных имело место нарушение зрения на стороне ПИ (как проявление нейроофтальмического синдрома). Ишемический инсульт со стойкой неврологической симптоматикой развился у 3 (3,6%) больных.

По типу извитости преобладала S-образная (94,2%) с ротацией у каждого третьего пациента, вошедшего в исследование (27 человек). С-образная деформация ВСА имела место у 5,8%, с ротационным компонентом у 2 больных. По удаленности от устья ВСА у 33,7% исследуемых изгиб локализовался в средней трети, у 46,5% — в дистальном отделе, а у 19,8% респондентов — непосредственно от устья.

Пиковые ЛСК в группах пациентов с ПИ при гипертонической болезни и дисплазии соединительной ткани были достоверно выше по сравнению с группой здоровых людей (p-value=p-value<6,332e^{-16}, использовали непараметрический аналог anova — критерий Краскела—Уоллиса, так как распределение значений ЛСК отличалось от нормального — тест Шапиро—Уилка p-value=1,016e^{-05}). При этом достоверных различий ЛСК в группах пациентов с гипертонической болезнью и дисплазией соединительной ткани найдено не было (критерий Уилкоксона W=6498,5, p=0,5086), данные представлены в **табл. 1**.

Нарушение ламинарности потока крови чаще имело место у пациентов с ПИ на фоне гипертонической болезни (39 человек, 76%), чем у респондентов с дисплазией соединительной ткани (28 больных, 62%). Исследование прироста ЛСК в изгибе выявило его наличие в обеих группах пациентов, чаще при гипертонической болезни (у 90%) и только у половины исследуемых с дисплазией соединительной ткани (51%). Прирост ЛСК в ПИ ВСА был достоверно больше при S-образных извитостях (критерий Краскела—Уоллиса p<1,8e^{-16}).

Ортостатическая транспозиция ВСА (при переходе исследуемого из положения лежа в положение сидя и из положения сидя в положение стоя) показала, что у здоровых людей снижение Vs не превышало 10—15% без изменения допплерографической кривой и индексов периферического сопротивления, тогда как в группах пациентов с ПИ ВСА были выявлены более высокие показатели пиковой ЛСК в изгибе (критерий Краскела—Уоллиса p<2,2e^{-16}) без достоверных различий для пациентов с гипертонической болезнью и дисплазией соединительной ткани **(табл. 2)**.

Ортостатическая транспозиция ПИ ВСА характеризовалась некоторым снижением показателей ЛСК в зоне изгиба в положении сидя и стоя, которые при статистическом анализе достигали уровня значимости только для пиковой систолической скорости в положении стоя для пациентов с ПИ ВСА на фоне дисплазии соединительной ткани (критерий Краскела—Уоллиса p<2,5e^{-16}). Кроме того, она позволила выявить более частое формирование турбулентных потоков крови в зоне ПИ в группе обследуемых с гипертонической болез-

Таблица 1. **Показатели гемодинамики у обследуемых с ПИ ВСА и у здоровых**
Table 1. **Hemodynamic parameters in ICA PK and in healthy volunteers**

Группа обследуемых	Пиковая систолическая скорость, м/с	Конечная диастолическая скорость, м/с	Индекс периферического сопротивления
С гипертонической болезнью (n=51)			
С-образная извитость	2,05±0,36*	0,20±0,06	0,83±0,12
S-образная извитость	1,88±0,24*	0,21±0,08	0,86±0,11
С дисплазией соединительной ткани (n=35)			
С-образная извитость	1,54±0,19*	0,22±0,03	0,74±0,20
S-образная извитость	1,85±0,28*	0,26±0,04	0,75±0,15
Здоровые (n=20)	0,81±0,17	0,24±0,08	0,72±0,21

Примечание. * — p<0,005 при сравнении с группой здоровых.

Таблица 2. **Показатели пиковой ЛСК при ортостатической транспозиции ВСА**
Table 2. **Indicators of peak systolic velocity at orthostatic ICA transposition**

Группа обследуемых	Пиковая систолическая скорость, м/с		
	лежа	сидя	стоя
С дисплазией соединительной ткани (n=35)	1,91±0,46*	1,84±0,43*	1,39±0,42*
С гипертонической болезнью (n=51)	1,84±0,39*	1,86±0,37*	1,81±0,35*
Здоровые (n=20)	0,78±0,21	0,81±0,19	0,78±0,18

Примечание. * — p<0,005 при сравнении с группой здоровых.

Таблица 3. **Показатели пиковой ЛСК при ротационной транспозиции ВСА**
Table 3. **Indicators of peak systolic velocity at rotational ICA transposition**

Группа обследуемых	Пиковая систолическая скорость, м/с	
	лежа	лежа, поворот головы в противоположную сторону
С дисплазией соединительной ткани (n=35)	1,91±0,46*	2,19±0,98**
С гипертонической болезнью (n=51)	1,84±0,39*	2,43±1,12**
Здоровые (n=20)	0,78±0,21	0,79±0,21

Примечание. * — p<0,005 при сравнении с группой здоровых; ** — p<0,005 при сравнении с показателями в положении лежа.

нью (в 78%) и существенно не влияла на эту характеристику в группе обследуемых с ПИ ВСА на фоне дисплазии соединительной ткани. Достоверно значимого прироста кровотока в изгибе при проведении ортостатической функциональной пробы не было выявлено ни для одной из групп.

Проведение ротационной транспозиции ВСА (в положении лежа на спине при повороте головы в противоположную сторону) так же, как и ортостатической, не сопровождалось значимыми изменениями ЛСК у здоровых, тогда как у пациентов с ПИ ВСА усиливала выраженность гемодинамических нарушений в зоне извитости **(табл. 3)**.

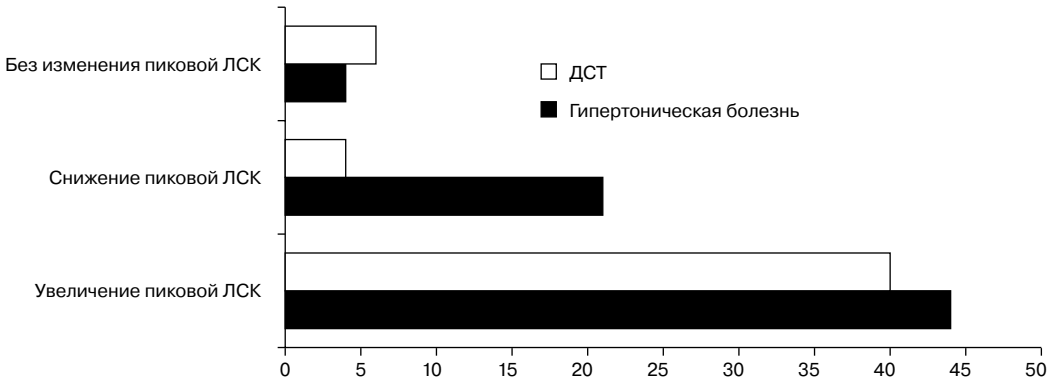
Диапазон показателей изменения пиковой ЛСК в изгибе при проведении ротационной пробы составил от –25% до +70%. При этом у пациентов с ПИ ВСА ротационная транспозиция позволила выявить три варианта ответа на предъявляемую нагрузку: с увеличением, снижением и без изменения пиковой ЛСК в изгибе **(см. рисунок)**.

Ротационная транспозиция ПИ ВСА достоверно увеличивала частоту формирования турбулентных потоков крови в зоне изгиба с более широкой представленностью среди пациентов с ПИ ВСА на фоне гипертонической болезни. При стандартной методике дуплексного сканирования БЦА было выявлено наличие турбулентности в зоне извитости при гипертонической болезни у 39 (76%) человек и при дисплазии соединительной ткани у 28 (62%) человек. Ротационная транспозиция ПИ увеличивала этот показатель до 44 (86%) респондентов в группе гипертонической болезни и до 31 (69%) при дисплазии соединительной ткани соответственно.

Заключение

При оценке функциональных характеристик кровотока в ПИ ВСА помимо стандартной методики дуплексного сканирования БЦА целесообразно проведение проб ротационной и ортостатической трансформации, учитывая возможность изменения формы и показателей гемодинамики в области извитости при изменении положения тела. Динамические показатели ЛСК демонстрируют более значимые нарушения у пациентов с ПИ ВСА на фоне гипертонической болезни по сравнению с пациентами с дисплазией соединительной ткани. Ротационная транспозиция ПИ ВСА является наиболее информативной для выявления турбулентных потоков крови и прироста пиковой ЛСК в зоне извитости.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interest.



Распределение по характеру изменения пиковой ЛСК в ПИ ВСА при ротационной транспозиции (представлены в пересчете на количество извитых сосудов — у 55,8% больных изгибы были двусторонними).

Peak systolic velocity distribution in the ICA PK at rotational transposition according to the nature of change (presented in terms of the number of kinked vessels — in 55.8% of patients the bends were bilateral).

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Крылов В.В., Леменев В.Л. *Операции реваскуляризации головного мозга в сосудистой хирургии*. М.: Бином; 2014.
   Krylov VV, Lemenev VL. *Операции реваскуляризации головного мозга в сосудистой хирургии.* M.: Binom; 2014. (In Russ.).
2. Togay-Işikay C, Kim J, Betterman K, Andrews C, Meads D, Tesh P, Tegeler C, Ozuna D. Carotid artery tortuosity, kinking, coiling: stroke risk factor, marker, or curiosity? *Acta Neurol Belg*. 2005;105:68-72.
3. La Barbera G, La Marca G, Martino A, Lo Verde R, Valentino F, Lipari D, Peri G, Capello F, Valentino B. Kinking, coiling, and tortuosity of extracranial internal carotid artery: is it the effect of a metaplasia? *Surg Radiol Anat*. 2006;28(6):573-580.
   https://doi.org/10.1007/s00276-006-0149-1
4. Gugulakis AG, Matsagas MI, Vasdekis SN, Giannakakis SG, Lazaris AM, Sechas MN. Evolving techniques in the treatment of carotid artery king: the use of resected redundant arterial segment. *Journal of the American Surgeon*. 2001;1:67-71.
5. Illuminati G, Ricco JB, Calio FG, D'Urso A, Ceccanei G, Vietri F. Results in a consecutive series of 83 surgical correction of symptomatic stenotic king of the internal carotid artery. *Surgery*. 2008;143(1):134-139.
   https://doi.org/10.1016/j.jvs.2008.05.051
6. Покровский А.В., Гонтаренко В.Н. *Состояние сосудистой хирургии в России в 2014 г.* М.: РОАиСХ; 2015.
   Pokrovsky AV, Gontarenko VN. *State of vascular surgery in Russia in 2014.* M.: RSAandVS; 2015. (In Russ.).
7. Покровский А.В., Ивандаев А.С. Состояние сосудистой хирургии в России в 2017 г. *Ангиология и сосудистая хирургия (Приложение)*. 2018;24(3):66.
   Pokrovsky AV, Ivandaev AS. The state of vascular surgery in Russia in 2017. *Angiologiya i Sosudistaya Khirurgiya*. 2018;24(3):66. (In Russ.).
8. Абрикосов А.И., Струков А.И. *Патологическая анатомия*. Ч. 1—2. М. 1953.
   Abrykosov AI, Strukov AI. *Pathological anatomy.* Vol. 1—2. M. 1953. (In Russ.).
9. Покровский А.В. *Клиническая ангиология*. Руководство для врачей. В 2 т. М. 2004;1:808.
   Pokrovsky AV. *Clinical angiology.* Manual for doctors. In 2 t. M. 2004;1:808. (In Russ.).
10. Родин Ю.В. Гемодинамический взгляд на патологическую извитость сонных артерий. *Новое в ангиологии и сосудистой хирургии.* 2005;2:250-252.
    Rodin YuV. Hemodynamic view of the pathological tortuosity of the carotid arteries. *Novoe v Angiologii i Sosudistoi Khirurgii.* 2005;2:250-252 (In Russ.).
11. Yu K, Zhong T, Li L, Wang J, Chen Y, Zhou H. Significant Association between Carotid Artery Kinking and Leukoaraiosis in Middle-Aged and Elderly Chinese Patients. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2015;24:1025-1031.
    https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2014.12.030
12. Saba L, Mallarini G. Correlation between kinking and coiling of the carotid arteries as assessed using MDCTA with symptoms and degree of stenosis. *Clinical Radiology*. 2010;65(9):729-734.
    https://doi.org/10.1016/j.crad.2010.04.015
13. Садовников В.И., Сандриков В.А., Зияева Ю.В., Дутикова Е.Ф., Гавриленко А.В. Церебральная гемодинамика у пациентов с патологией брахиоцефальных артерий. *Функциональная диагностика*. 2013;4:19-24.
    Sadovnikov VI, Sandrykov VA, Ziyaeva YuV, Dutikona EF, Gavrilenko AV. Cerebral hemodynamics in patients with the pathology of the brachiocephalic arteries. *Funktsional'naya Diagnostika*. 2013;4:19-24. (In Russ.).
14. Дутикова Е.Ф., Зияева Ю.В., Медведева Л.А., Щедеркина И.О. Нейромониторинг и внутримозговая гемодинамика при реконструкции брахиоцефальных артерий. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2013;2:108-116.
    Dutikova EF, Ziyaeva YV, Medvedeva LA, Tchederkina IO. Neuromonitoring and intracerebral hemodynamics in the reconstruction of the brachiocephalic arteries. *Funktsional'naya diagnostika*. 2013;2:108-116. (In Russ.).
15. Белов Ю.В. *Клиника и диагностика патологической извитости внутренней сонной артерии*. Руководство по сосудистой хирургии с атласом оперативной техники. М. 2000.
    Belov YuV. *Clinic and diagnosis of pathological tortuosity of the internal carotid artery.* Manual of vascular surgery with an atlas of operational techniques. M. 2000. (In Russ.).
16. Гавриленко А.В., Абрамян А.В., Куклин А.В., Офосу Д. Патологическая извитость внутренней сонной артерии: клиника, диагностика и хирургическое лечение. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия.* 2016;9(1):29-33.
    Gavrilenko AV, Abramyan AV, Kuklin AV, Ofosu D. Internal carotid artery kinking. The clinic, diagnosis and surgical treatment. *Kardiologiya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya*. 2016;9(1):29-33. (In Russ.).
    https://doi.org/10.17116/kardio20169129-33
17. 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):116-122.
    Pokrovsky AV, Beloyarthev DF, Timina IE, Adyrkhaev ZA. When should the pathological deformity of the internal carotid artery be operated on? *Angiologiya i Sosudistaya Khirurgiya*. 2010;16(4):116-122 (In Russ.).
18. Казанчян П.О., Валиков Е.А. *Патологические деформации внутренних сонных и позвоночных артерий*. М. 2005.
    Kazanchan PO, Valikov EA. *Pathological deformities of the internal carotid and vertebral arteries.* M. 2005. (In Russ.).
19. Pancera P, Ribul M, Presciuttini B, Lechi A. Prevalence of carotid artery kinking in 590 consecutive subjects evaluated by echo-color Doppler. Is there a correlation with arterial hypertension? *J Intern Med*. 2000;248:7-12.
    https://doi.org/10.1046/j.1365-2796.2000.00611.x

20. Ballotta E, Thiene G, Baracchini C, Ermani M, Militello C, Da Giau G, Barbon B, Angelini A. Surgical vs medical treatment for isolated internal carotid artery elongation with coiling or kinking in symptomatic patients: A prospective randomized clinical study. *Journal of Vascular Surgery*. 2005;42(5):838-846. https://doi.org/10.1016/j.jvs.2005.07.034

21. Illuminati G, Calio FG, Papaspyropoulos V, Montesano G, D'urso A. Revascularization of the internel carotid artery for isolated, stenotic and symptomatic kinking. *Arch Surg.* 2003;138:192-197. https://doi.org/10.1001/archsurg.138.2.192

22. Каримов Ш.И., Турсунов Б.З., Суннатов Р.Д., Ирназаров А.А., Келдияров Б.К., Ахматов А.М., Юлбарисов А.А., Асронов У.А., Алижанов Х.К. Диагностика и хирургическое лечение патологической деформации сонных артерий. *Ангиология и сосудистая хирургия*. 2010;16(4):108-115.
Karymov ShI, Tursunov BZ, Sunnatov RD, Irnazarov AA, Keldiyarov BK, Akhmatov AM, Yulbarisov AA, Asronov UA, Alijonov KhK. Diagnosis and surgical treatment of pathological deformities of the carotid arteries. *Angiologiya i Sosudistaya Khirurgiya*. 2010;16(4):108-115. (In Russ.).

23. Grego F, Lepidi S, Cognolato D, Frigatti P, Morelli I, Deriu GP. Rationale of the surgical treatment of carotid kinking. *J Cardiovasc Surg (Torino)*. 2003;44(1):79-85.

24. Van Damme H, Gillain D, Désiron Q, Detry O, Albert A, Limet R. Kinking of the internal carotid artery: clinical significance and surgical management. *Acta Chir Belg.* 1996;96(1):15-22.

25. *Клинические рекомендации по ведению пациентов с сосудистой артериальной патологией (Российский согласительный документ)*. Часть. 3. Экстракраниальные (брахиоцефальные) артерии. М.: НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН; 2012.
Clinical guidelines for the management of patients with vascular arterial pathology (Russian agreement paper). Part. 3. Extracranial (brachiocephalic) arteries. M.: RCCS name of A.N. Bakouleva RAMS; 2012. (In Russ.).

Поступила 15.04.19
Received 15.04.19
Принята к печати 15.05.19
Accepted 15.05.19