

КОСТНАЯ ПЕРЕМЫЧКА ПЕРВОГО ШЕЙНОГО ПОЗВОНКА**Э. Янова, Г. Мардиева, Н. Гиясова, Б. Бахритдинов, Р. Юлдашев**

Самаркандский государственный медицинский институт, Самарканд, Узбекистан

Ключевые слова: позвоночная артерия, вертебробазилярная недостаточность, краниовертебральная недостаточность, мультиспиральная компьютерная томография, транскраниальная доплерография, аномалия Киммерле.

Таянч сўзлар: умуртка артерияси, вертебрал етишмовчилиги, краниовертебрал етишмовчилик, мультиспирал компьютер томографияси, транскранеал доплер ультратовуш текшируви, Киммерле аномалияси.

Key words: vertebral artery, vertebrobasilar insufficiency, craniovertebral insufficiency, multispiral computed tomography, transcranial Doppler ultrasonography, Kimmerle's anomaly.

Кровообращение в вертебробазилярной области зачастую может быть нарушено, и причиной этого в основном является спондилогенный фактор. Последствием таких изменений может быть от незначительного снижения мозгового кровообращения до ишемических осложнений в русле сосудов. Пациентам проведена комплексная лучевая диагностика краниовертебральной области пациентов с верифицированной аномалией Киммерле (N=62). Всем участникам исследования была проведена мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ), ультразвуковая доплерография и транскраниальная доплерография (ТКДГ) позвоночных артерий (ПА). Исследования варианта развития первого шейного позвонка с наличием костной перемычки показали, что аномалия Киммерле может встречаться во всех возрастных категориях. Частота выявляемости Ponticulus posticus находилась в пределах 16,3% случаев, то есть встречается у каждого 5-6 человека и распространена во всех возрастных группах с превалированием в молодом и среднем возрасте. Чаще всего выявлялась двухсторонняя аномалия Киммерле, которая по данным ТКДГ оказывает влияние на кровоток. При одностороннем варианте аномалия отмечалась только с левой стороны. Установлено, что основным структурным изменением церебрального сосудистого русла, по данным ультразвуковой диагностики, отмечают изменение прямолинейности позвоночных артерий в поперечных отростках шейного отдела позвоночника, в том числе и атланта. Необходимо также учитывать, что ввиду сложности и мобильности строения пациенты с дисфункцией краниовертебральной зоны получают терапию у врачей различного профиля, что требует комплексной диагностики данной проблемы.

БИРИНЧИ БЎЙИН УМУРТҚАСИНИ СУЯКЛИ УЛАШУВИ**Э. Янова, Г. Мардиева, Н. Гиясова, Б. Бахритдинов, Р. Юлдашев**

Самарканд давлат тиббиёт институти, Самарканд, Ўзбекистон

Вертебробазиляр соҳада қон айланиши кўпинча бузилиши мумкин ва бу асосан спондилоген омилга боғлиқ. Бундай ўзгаришларнинг натижаси мия қон айланишининг озгина пасайишидан қон томир йўналишдаги ишемик асоратларгача бўлиши мумкин. Киммерле анатомияси (N=62) бўлган беморларнинг краниовертебрал соҳасини комплекс нури диагностикаси ўтказилди. Тадқиқотнинг барча иштирокчиларига умуртка артериясининг (УА) мультиспирал компьютер томография (МСКТ), доплер ультратовуш ва транскраниал доплер (ТКД) текшируви ўтказилди. Биринчи бўйин умуртқаси ривожланишининг суякни кўприк варианты борлигини ўрганиш Киммерли анатомиясининг барча ёш гуруҳларида бўлиши мумкинлигини кўрсатди. Ponticulus posticus ни аниқлаш частотаси 16,3% ҳолларда бўлган, яъни ҳар 5-6 кишида барча ёш гуруҳларида учрайди ҳамда ёш ва ўрта ёшда кенг тарқалган. Кўпинча, икки томонлама аниқланган, Киммерле аномалияси қон оқимиға таъсир қилиниши ТКД да кўринади. Бир томонлама вариантда аномалия фақат чап томонда қайд этилган. Ультратовуш диагностикасига кўра, мия томирларини асосий таркибий ўзгаришлари бўлиб, бу умуртқанинг бўйин соҳасидаги кундаланг ўсимталарида, шу жумладан atlas да, умуртка артерияларининг тўғри, ламинар йўналишли эканлиги аниқланди. Шуни ҳам ёдда тутиш керакки, краниовертебрал зона-ни структурасининг мураккаблиги ва ҳаракатчанлиги туфайли унинг дисфункциясида беморлар турли хил профилдаги шифокорларда даволанишади, бу эса ушбу муаммонинг кенг қамровли диагностикасини талаб қилади.

BONE BRIDGE OF THE FIRST CERVICAL VERTEBRUM**E. Yanova, G. Mardieva, N. Giasova, B. Bakhritdinov, R. Yuldashev**

Samarkand state medical institute, Samarkand, Uzbekistan

Blood circulation in the vertebrobasilar region can often be impaired, and this is mainly due to the spondylo-genic factor. The consequence of such changes can be from a slight decrease in cerebral circulation to ischemic complications in the vascular bed. The patients underwent complex radiation diagnostics of the craniovertebral region of patients with verified Kimmerle's anomaly (N=62). All study participants underwent multispiral computed tomogra-phy (MSCT), Doppler ultrasound and transcranial Doppler (TCD) of the vertebral arteries (VA). Studies of the variant

of the development of the first cervical vertebra with the presence of a bony bridge have shown that Kimmerle's anomaly can occur in all age groups. The frequency of detection of Ponticulus posticus was within 16.3% of cases, that is, it occurs in every 5-6 people and is common in all age groups with a prevalence in young and middle age. Most often, bilateral Kimmerle's anomaly was detected, which, according to TCD, affects the blood flow. In the unilateral variant, the anomaly was noted only on the left side. It was found that the main structural change in the cerebral vascular bed, according to ultrasound diagnostics, is a change in the straightness of the vertebral arteries in the transverse processes of the cervical spine, including the atlas. It should also be borne in mind that due to the complexity and mobility of the structure, patients with dysfunction of the craniovertebral zone receive therapy from doctors of various profiles, which requires a comprehensive diagnosis of this problem.

Введение. Принимая во внимание увеличение процента сосудистых поражений головного мозга в структуре причин заболеваемости и смертности населения, особое место занимает проблема снижения кровотока в краниовертебральной зоне. Поражение сосудов головного мозга, приводящее к замедлению церебрального кровообращения в сосудах позвоночной и базилярной зон, диагностируется у 20-30% людей и занимает одну из лидирующих позиций в общей структуре заболеваемости и инвалидности, выделяясь в группе лиц трудоспособного возраста [1-3, 6-8, 15, 23].

Согласно научным работам последних лет, показатели заболеваемости и смертности при сосудистых патологиях головного мозга неизменно высоки [6, 7, 15, 23]. По наблюдениям исследователей, костные аномалии, а также артериальные аномалии или комбинация обеих, могут вызвать снижение мозгового кровотока [6, 15, 24]. Есть данные, что одной из основных причин, приводящим к изменениям прямолинейности кровотока артерий головного мозга, является изменение хода ПА [4, 9, 10] в канале поперечных отростков шейных позвонков атланта (C1). Основываясь на научных данных последних лет высокое значение уделяется наличию костной перемычки первого шейного позвонка. Как утверждается в некоторых источниках, данное изменение C1 диагностировали у 37-80% обследованных (рис. 1). Данное изменение атланта встречается в литературных источниках под названиями: абочное отверстие атланта, верхнее заднесуставное отверстие, костный мостик или перемычка первого шейного позвонка, но чаще упоминается как аномалия Киммерле (АК).

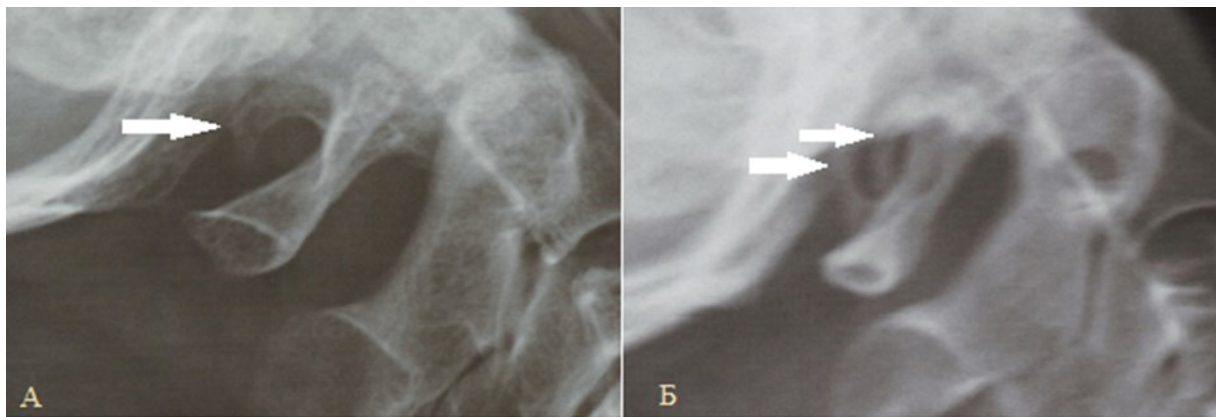


Рис. 1. Рентгенография вертебробазилярной зоны, боковая проекция.

А - односторонний задний неполный костный мостик первого шейного позвонка (аномалия Киммерле).

Б - двусторонний задний полный костный мостик первого шейного позвонка.

Некоторые источники допускают вероятность, что АК является вариантом развития, не заслуживающим особого внимания, но встречаются единичные клинические наблюдения с упоминанием развития очаговой ишемии ствола головного мозга при наличии костного мостика C1 [6, 7, 15, 16, 23]. Изменения позвонков шейного отдела влияют на мобильность ПА в месте образования АК и могут приводить к снижению кровотока вертебробазилярной зоны [11-14, 19]. Растягивание во время движения, вращения и изгиба шейного отдела в отверстии может вызвать чрезмерное внешнее давление на сегмент V3 позвоночной артерии, с динамическим стенозом и изменениями в нормальном кровотоке. Это наблюдение было связано с инсультом задней циркуляции у пациентов с аномалией Киммерле [6, 7, 15, 16].

Присутствие данной патологии также может играть причинную роль в генезисе расслоения позвоночной артерии (диссекции) [17] и это было описано как предрасполагающий фактор синдрома внезапной детской смерти [6, 16, 22, 23].

В результате замедления кровотока в краниовертебральной зоне могут развиваться инфаркты головного и спинного мозга. Немалую часть в этом занимает ишемический инсульт, при этом на долю мозгового ишемического инсульта приходится 7-11%, а спинного мозга – 1-2% от всех инсультов [6, 12, 13].

Сопоставление данных, полученных ведущими учеными, показывает, что немалую долю последствий нарушения кровообращения влечёт за собой изменение кровообращения в вертебробазилярной зоне и в позвоночных артериях, в частности. Доподлинно известно, что ПА, кровоснабжающая вертебробазилярную зону и задние отделы головного мозга, проникает в череп пройдя через канал поперечных отростков шейных позвонков. Исходя из этого, патологии шейного отдела позвоночника зачастую являются причиной нарушения кровотока в сосудах краниовертебральной зоны в любой возрастной группе [3, 4, 9, 10].

При проведении диагностики методом ангиографии и после интраоперационной верификации было установлено, что костная перемычка C1 проявляется вертебробазилярной недостаточностью лишь в 5,5% случаев, при условии наличия рубцовой удавки вокруг ПА [7]. Учитывая это, термин «вариант» может быть частью разновидности атланта, не приводящий к патологическим последствиям [4]. В основном АК не вызывает вертебробазилярную ишемию и имеет бессимптомное течение [7]. Основными факторами развития клинических симптомов у пациентов с аномалией Киммерле являются: экстравазальная компрессия ПА, длительное травмирование адвентиции сосуда, а также раздражение околососудистых нервных сплетений и ветвей затылочного нерва. [7, 18, 23].

Сводчатое отверстие является важным анатомическим вариантом атланта, которая окружает позвоночную артерию и периартериальные структуры, и его можно считать еще одним примером того, как незначительные аномалии атлантозатылочной области могут привести к патофизиологическому состоянию клинического значения [19, 22].

Учитывая выше изложенное, **целью нашей работы** было оценить влияние аномалии Киммерле на кровообращение в вертебробазилярной зоне.

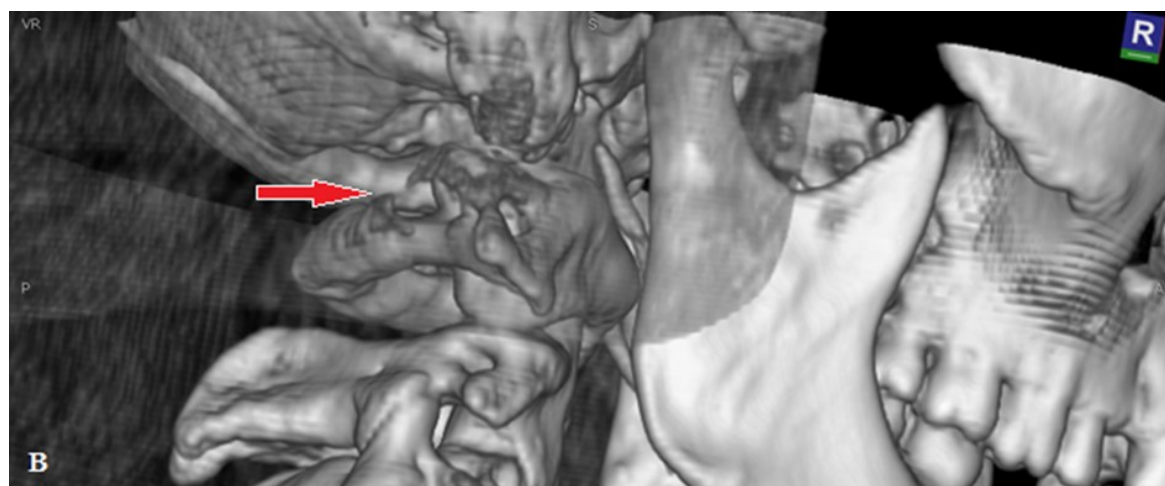
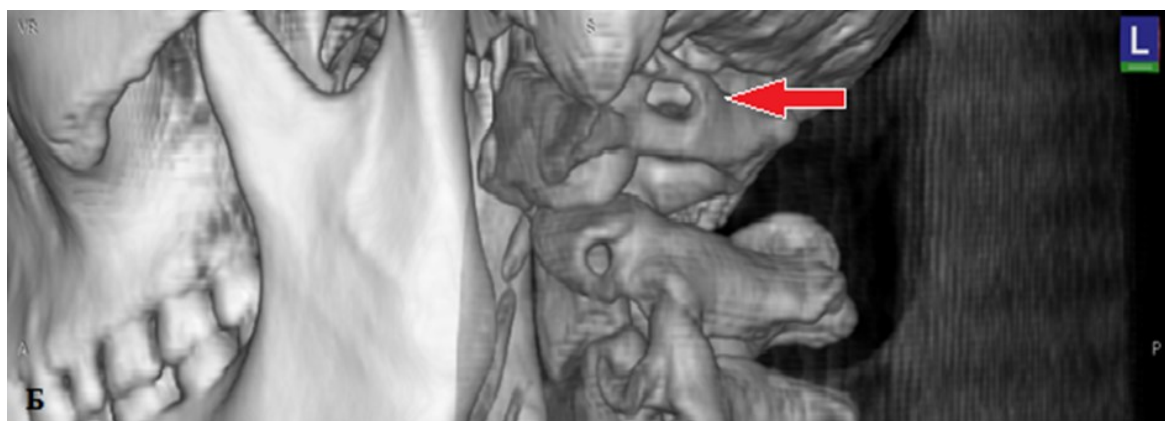
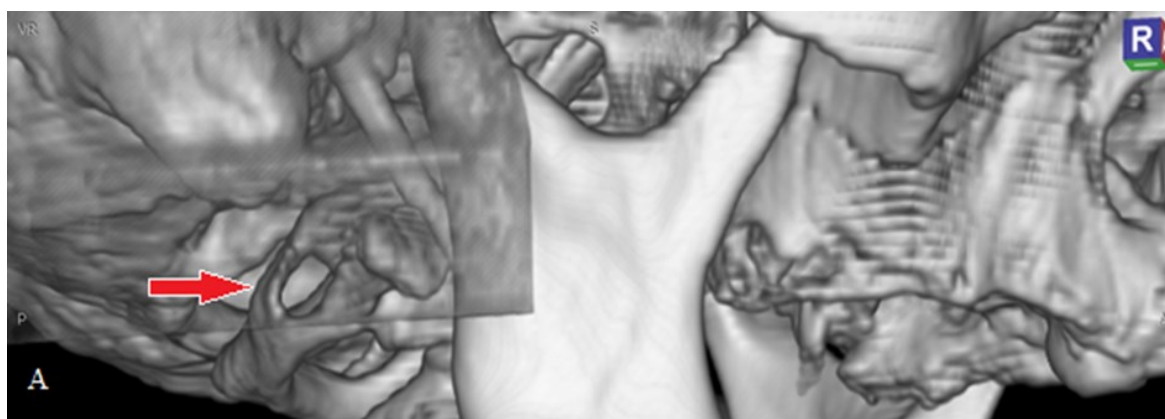
Материалы и методы. Были проанализированы данные рентгенологического исследования пациентов, обратившихся по поводу головных болей и цервикалгии. У 62 из 381 обследованных была выявлена аномалия Киммерле и проведена рентгеновская компьютерная томография (КТ) головного мозга с захватом верхне-шейного отдела позвоночника. Обследование проводили на аппарате GE-Optima 520 с 16 рядами срезов (производство США). Параметры КТ-сканирования: сила тока на трубке – 249 мА для КТ головы, напряжение – 120 кВ, скорость ротации трубки – 1,0 с, питч – 0,85, толщина среза 1,25 мм. Лучевая нагрузка при КТ составляла 2 мЗв. Ультразвуковую дуплексную сонографию V3 позвоночной артерии проводили с помощью «ESoate Mylab class C» (линейный датчик - 5-7,5 МГц, выпуклый датчик – 2–5 МГц). Транскраниальную доплерографию проводили системой EDAN instruments версии 1,2 с использованием фазированного датчика частотного диапазона 3-7 МГц.

Результаты. Клинические жалобы у 42 обследованных проявлялись в виде головокружения, различного вида головной боли, в основном локализовавшейся в затылочной области, тошноты или мелькания мушек перед глазами, у остальных – лишь цервикалгия. Зачастую боль носила приступообразный характер. Появление боли и неприятных ощущений обследованные связывали, в основном, с «неудобным» положением головы или шеи во время сна, резким движением, переменой положения. При пальпаторном обследовании выявлялось напряжение затылочных мышц. Вертебробазилярная область, является сложным отделом ввиду анатомических особенностей мышечного каркаса и расположения сосудов.

Проведено диагностическое обследование: 11 пациентов в возрасте до 30 лет, 15 пациентов в возрасте от 31 до 40 лет, 18 пациентов в возрасте от 41 до 50 лет, 13 - от 51 до 60 лет

и 5 пациентов старше 61 года. Возрастной период пациентов составлял от 18 до 85 лет. Средний возраст мужской части пациентов составлял 47,3 года, женской – 54,1 года, при этом аномалия Киммерле практически равноценно отмечалась как у мужчин, так и у женщин.

При оценке компьютерных томограмм головного мозга пациентов с диагностированной аномалией Киммерле в 41,9% наблюдались признаки сосудистой энцефалопатии, в 19,4% случаев признаки атрофии мозжечка и в 9,7% случаев единичные кисты. В преобладающем проценте у обследованных нами пациентов с аномалией Киммерле на компьютерной томографии задняя дуга атланта на экране визуализировалась как полоса высокой плотности, над которой определялась кольцевидная гиподенсная зона, окаймлённая частично или полностью замкнутым гиперденсным кольцом – костный «мостик» (ponticulus posticus) (рис.2).



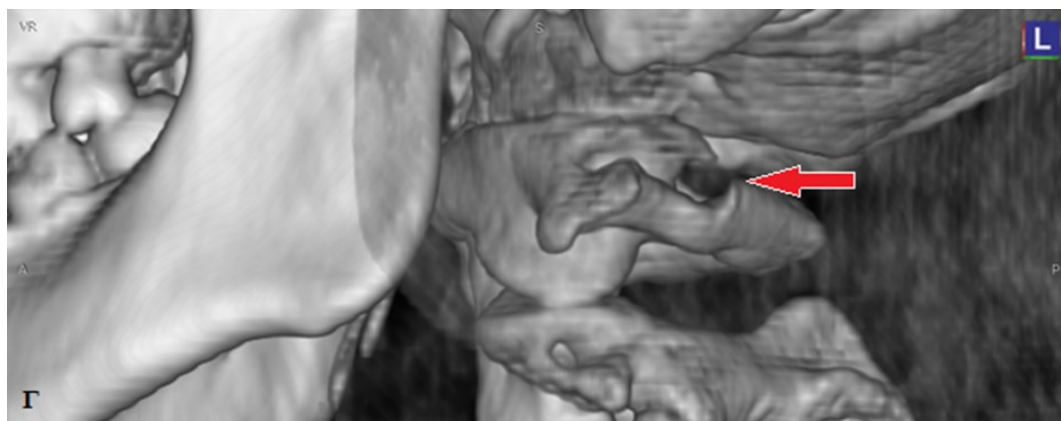


Рис. 2. Компьютерная томография с 3D-реконструкцией. Краниовертебральное сочленение: А) заднее полное кольцо Киммерле справа, Б) заднее полное кольцо C1 слева, В) заднее неполное кольцо C1 справа, Г) заднее неполное кольцо C1 слева (указано стрелками)

Результаты наших исследований показали, что у 48 пациентов (77,4%) с диагностированной аномалией Киммерле наблюдается двустороннее расположение костной перемычки первого шейного позвонка. В 14 случаях аномалия Киммерле носила односторонний характер, причём практически все они (85,7%) располагались слева.

Ponticulus posticus, располагавшийся справа в 75,8% был замкнут (полная аномалия Киммерле) и в 27,4% незамкнут (неполная аномалия Киммерле). Костная перемычка первого шейного позвонка над левой дужкой в 47 случаях была замкнутая и в 13 – незамкнутая.

Проведение измерений параметров сводчатого отверстия методом томографии показало, что передне-задний размер при измерениях составил от 2,9 до 11,3 мм, вертикальный размер отверстия – от 2,8 до 6,8 мм. Толщина костного мостика, формирующего крышу отверстия варьировал от 0,6 до 3,5 мм.

Чтобы уточнить причину возникновения вышеперечисленных неврологических жалоб и установить связь с аномалией Киммерле мы провели доплерографическое обследование сосудов шейного отдела. При проведении УЗ-доплерографии V3 сегмента позвоночных артерий, опираясь на опыт учёных [1] мы столкнулись с рядом трудностей: короткая шея, большая толщина мягких тканей, сложный ход позвоночной артерии. В результате лишь у 3 из 62 пациентов была получена визуализация V3 сегмента, что не дало диагностически значимой информации и согласуется с данными некоторых авторов [14] (рис. 3).

На следующем этапе, основываясь на нормативных показателях кровотока в позвоночных артериях по Цвибелю [21], нами было проведено обследование больных методом ультразвуковой транскраниальной доплерографии. При данном обследовании выявили снижение скоростных показателей кровотока в 4 сегменте позвоночных артерий, охваченных замкнутым костным кольцом при аномалии Киммерле.

У пациентов с односторонним незамкнутым вариантом аномалии Киммерле в возрастных группах преимущественно до 50 лет гемодинамически значимых изменений скорости кровотока не отмечали: в V3 сегменте позвоночной артерии средняя скорость кровотока составила $35,7 \pm 6$ см/с, в V4 сегменте – $38,2 \pm 6,2$ см/с. В противовес этим данным в остальных группах у пациентов с диагностированным незамкнутым вариантом аномалии Киммерле, мы констатировали снижение кровотока в пределах нижней грани нормативных критериев: средняя скорость кровотока в V3 сегменте позвоночной артерии составила $27,2 \pm 5,2$ см/с, в V4 сегменте – $28,3 \pm 5,3$ см/с. У пациентов с замкнутой формой аномалии Киммерле во всех возрастных группах отмечались гемодинамически значимые изменения кровотока на данной стороне, хотя не всегда приводило к неврологической симптоматике: в V3 сегмент – $20,1 \pm 4,5$ см/с, V4 сегмент – $21,4 \pm 4,6$ см/с, что вероятно компенсировалось противоположной позвоночной артерией, где скорости кровотока находились в пределах нормы (рис 4). Лишь наличие замкнутого костного кольца C1 с двух сторон приводило к замедлению кро-

вотока по базилярной артерии ($26,5 \pm 5,1$ см/с), что возможно является доказательством выраженности неврологических жалоб. Частота встречаемости аномалии Киммерле у обследованных нами пациентов составила 16,3%.

Периферическое сопротивление гемодинамики имеет обратно пропорциональную зависимость от величины диаметра сосуда. Костный мостик C1, как и другие экстравазальные причины компрессии ПА, атеросклеротический и перегородочный стеноз ПА, могут вызывать снижение кровотока в сосудах вертебробазилярной зоны.

Исходя из этого, прослеживается снижение кровотока в ПА на стороне диагностированного костного моста C1. Аномалия Киммерле является одним из основных факторов риска раннего развития цереброваскулярных нарушений и способствует нарушениям артериальной гемодинамики, что согласуется с данными литературы [17, 20, 21].

Обсуждение. Подводя итоги, можно сказать, что актуальность изучения влияния краниовертебральной недостаточности на возникновение нарушений кровотока в вертебробазилярном сосудистом русле, поиск достоверных и, вместе с тем, доступных методов выявления, оптимизации терапевтических методов при данной патологии требуют проведения соответствующих исследований. Основным структурным изменением церебрального сосудистого русла, по данным ультразвуковой диагностики, отмечают изменение прямолинейности позвоночных артерий в поперечных отростках шейного отдела позвоночника.

В нашем исследовании частота сводчатого отверстия приближена к средней встречаемости этой черты в среднем по населению (16,7%) [4, 21], однако, по данным некоторых авторов *ponticulus posticus* диагностируется от 8,3% [6] до 12% встречаемости. Интересно, в отдельных работах данные изменения выявлены у трети обследованных и даже от 37 до 80% пациентов [7, 17]. В исследованиях отдельных авторов говорится, что часто встречаются неполные формы с множеством различных вариаций, в результате чего нет их последовательной классификации в литературе [3, 5] и они могут быть не учтены.

На сегодняшний день способности компьютерной и магнитно-резонансной томографии для получения подробной анатомической информации о строении позвоночника и краниовертебрального отдела, предоставляет уникальную возможность возобновить внимание к этой сложной области скелета [24].

Статистика говорит, что встречаемость аномалии Киммерле составляет 16-20% и это безусловно часто встречающееся изменение C1. Данное изменение соотносится с типами патологических отклонений сосудистого русла головного мозга и магистральных артерий головы. Обзор литературы в очередной раз доказывает важность сосудистых изменений в возникновении краниалгии и требует особой тактики лечения и профилактики. Надо признать, что на сегодняшний день врачи не задумываются, а некоторые и не знают о возможности существования данной патологии и месяцами, а порой годами проводят симптоматическое терапия, не подозревая что рутинными методами можно подтвердить или исключить аномалию Киммерле.

Для того, чтобы дать прогноз о влиянии наличия *ponticulus posticus* необходимо решить несколько вопросов:

- установить соотношение диаметров сосудов между собой и с диаметром костного мостика C1,
- определить полная или неполная перемычка,
- односторонний или двусторонний характер изменения,
- варианты строения магистральных сосудов в каждом индивидуальном случае.

Совокупность этих данных может давать прогноз о возможных причинных факторах, которые могут вызвать снижение мозгового кровотока, что в свою очередь ведёт к ранней инвалидизации и утрате работоспособности.

Заключение. Результаты данного исследования подчеркивают важность роли спондилогенного фактора, который может вызывать или способствовать развитию нарушений кровообращения в вертебробазилярной зоне. Артериальная и венозная дисциркуляция при про-

филактическом выявлении лучевыми методами исследования, посредством КТ и транскраниальной доплерографии, имеет положительный прогноз на терапию цереброваскулярных изменений у пациентов с АК.

Источник финансирования и конфликт интересов. Данная статья не имеет финансовой поддержки исследования и конфликта интересов авторов, о которых необходимо сообщить.

Использованная литература:

1. Abtahi, A. M., Brodke, D. S., & Lawrence, B. D. (2014). Vertebral artery anomalies at the craniovertebral junction: a case report and review of the literature. *Evidence-based spine-care journal*, 5(2), 121.
2. Ahn, J., Duran, M., Syldort, S., Rizvi, A., D'Antoni, A. V., Johal, J., ... & Tubbs, R. S. (2018). Arcuate foramen: anatomy, embryology, nomenclature, pathology, and surgical considerations. *World neurosurgery*, 118, 197-202.
3. Burrell, L. R. A. E. J., & Beer-Furlan, A. (2013). Complete bilateral arcuate foramina and atlantoaxial subluxation. *Int J Morphol*, 28, 317-322.
4. Calin, A. M., & Calin, M. (2014, March). Ponticulus posticus-not such a rare finding on lateral cervical spine radiographs. *European Congress of Radiology-ECR 2014*.
5. Cirpan, S., Yonguc, G. N., Edizer, M., Mas, N. G., & Magden, A. O. (2017). Foramen arcuale: a rare morphological variation located in atlas vertebrae. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 39(8), 877-884.
6. Cronin, C. A., Aldrich, E. F., & Kittner, S. J. (2011). Occipital bone abnormality causing recurrent posterior circulation strokes. *Stroke*, 42(5), e370-e372.
7. Djurabekova, A., Gaybiyev, A., Igamova, S., Utaganova, G. (2020). Neuroimmunological aspects of pathogenesis in children's cerebral palsy. *International Journal of Pharmaceutical Research*, 12(1), 1264-1270.
8. Dushmanamedov, M. Z., Rizaev, J. A., Dushmanamedov, D. M., Khadjimetov, A., & Yuldashev, A. (2020). Compensator-adaptive reactions of patients' organism with gnathic form of dental occlusion anomalies. *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*. 24 (02), 2142-2155.
9. Elliott, R. E., & Tanweer, O. (2014). The prevalence of the ponticulus posticus (arcuate foramen) and its importance in the Goel-Harms procedure: meta-analysis and review of the literature. *World neurosurgery*, 82(1-2), e335-e343.
10. Elliott, R. E., Tanweer, O., Boah, A., Morsi, A., Ma, T., Frempong-Boadu, A., & Smith, M. L. (2014). Outcome comparison of atlantoaxial fusion with transarticular screws and screw-rod constructs: meta-analysis and review of literature. *Clinical Spine Surgery*, 27(1), 11-28.
11. Eltazarova G.S., Khudayarova D.R., Usmonova M.F. (2020). Frequency and structure of congenital development anomalies. *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*, 24(8), 6967-6975.
12. Geist, J. R., Geist, S. R., & Lin, L. M. (2014). A cone beam CT investigation of ponticulus posticus and lateralis in children and adolescents. *Dentomaxillofacial Radiology*, 43(5), 20130451.
13. Gibelli, D., Cappella, A., Cerutti, E., Spagnoli, L., Dolci, C., & Sforza, C. (2016). Prevalence of ponticulus posticus in a Northern Italian orthodontic population: a lateral cephalometric study. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 38(3), 309-312.
14. Kim, M. S. (2015). Anatomical variant of atlas: arcuate foramen, occipitalization of atlas, and defect of posterior arch of atlas. *Journal of Korean Neurosurgical Society*, 58(6), 528.
15. Muratova, S., Khaydarov, A., & Shukurova, N. (2020). The peculiarities of endothelial dysfunction indicators in patients with chronic brain ischemia. *International Journal of Pharmaceutical Research*, 12(2).
16. Ouyang, Z. Y., Qiu, M. J., Zhao, Z., Wu, X. B., & Tong, L. S. (2017). Republished: Congenital anomaly of the posterior arch of the atlas: a rare risk factor for posterior circulation stroke. *Journal of neurointerventional surgery*, 9(7), e27-e27.
17. Pellerito, J., & Polak, J. F. (2019). *Introduction to Vascular Ultrasonography E-Book*. Elsevier Health Sciences.
18. Ríos, L., Mata-Escolano, F., Blanco-Pérez, E., Llidó, S., Bastir, M., & Sanchis-Gimeno, J. A. (2017). Acute headache attributed to whiplash in arcuate foramen and non-arcuate foramen subjects. *European Spine Journal*, 26(4), 1262-1265.
19. Sivaraju, L., Mani, S., Prabhu, K., Daniel, R. T., & Chacko, A. G. (2017). Three-dimensional computed tomography angiographic study of the vertebral artery in patients with congenital craniovertebral junction anomalies. *European Spine Journal*, 26(4), 1028-1038.
20. Song, S. H., Roh, H. G., Kim, H. Y., Choi, J. W., Moon, W. J., Choe, W. J., & Jung, I. (2014). Recurrent posterior circulation infarction caused by anomalous occipital bony process in a young patient. *BMC neurology*, 14(1), 1-5.
21. Travan, L., Saccheri, P., Gregoraci, G., Mardegan, C., & Crivellato, E. (2015). Normal anatomy and anatomic var-

- iants of vascular foramens in the cervical vertebrae: a paleo-osteological study and review of the literature. *Anatomical science international*, 90(4), 308-323.
22. Urazalieva, D.A., Madjidova, Y.N., Khidoyatova, D.N., Abdullaeva, N.N., Inoyatova, S.O. (2020). Features of the course of discirculatory encephalopatia in young people (A literature review). *International Journal of Pharmaceutical Research*, 12(1), 1288-1291.
 23. Wakao, N., Takeuchi, M., Nishimura, M., Riew, K. D., Kamiya, M., Hirasawa, A., ... & Takayasu, M. (2014). Vertebral artery variations and osseous anomaly at the C1-2 level diagnosed by 3D CT angiography in normal subjects. *Neuroradiology*, 56(10), 843-849.
 24. Zwiebel, W. J. (2005). *Introduction to vascular ultrasonography* (pp. 19-89). J. S. Pellerito (Ed.). Philadelphia: Elsevier Saunders.