

КОРОТКИЕ СООБЩЕНИЯ

© Коллектив авторов, 2017

ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ИНВАГИНИРОВАННОГО ЗУБОВИДНОГО ОТРОСТКА С2-ПОЗВОНКА, СОЧЕТАЮЩЕГОСЯ С АНОМАЛИЕЙ КИАРИ I ТИПА

А.Н. Шкарубо, А.А. Кулешов, И.В. Чернов, В.А. Шахнович,
Е.В. Митрофанова, М.С. Ветрилэ, И.Н. Лисянский, И.С. Громов

ФГАН «Национальный научно-практический центр нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко» Минздрава России,
ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова»
Минздрава России, Москва, РФ



Мальформация Киари I типа часто сопровождается врожденными аномалиями развития, такими как платибазия, базиллярная импрессия и ретрофлексия зубовидного отростка С2-позвонка, которая может вызывать переднюю компрессию стволовых структур и верхнешейных отделов спинного мозга. Ранее традиционным было проведение только задней декомпрессии даже при наличии передней компрессии ствола головного мозга. В настоящей работе на киническом примере представлена тактика одноэтапного лечения пациентов с мальформацией Киари I типа, сопровождающейся базиллярной импрессией и ретрофлексией зубовидного отростка С2-позвонка, с использованием только трансорального доступа, который применялся как для декомпрессии, так и для передней стабилизации С1–С2-сегмента. Результатом оперативного вмешательства стала декомпрессия стволовых структур и верхнешейных отделов спинного мозга, нормализация ликвородинамики и последующая редислокация миндалик мозжечка до нормального положения (выше линии Чемберлена).

Ключевые слова: мальформация Киари I типа, инвагинированный зубовидный отросток С2-позвонка, передняя стабилизация, С1–С2-сегмент позвоночника, ликвородинамика, трансоральный доступ.

Surgical Treatment of C2 Odontoid Process Intussusception in Combination with Type I Chiari Malformation

A.N. Shkarubo, A.A. Kuleshov, I.V. Chernov, V.A. Shakhnovich,
E.V. Mitrofanova, M.S. Vetrile, I.N. Lisyanskiy, I.S. Gromov

N.N. Burdenko National Scientific and Practical Center for Neurosurgery; N.N. Priorov Central
Institute of Traumatology and Orthopaedics, Moscow, Russia

Type I Chiari malformation is often accompanied by congenital developmental abnormalities such as platybasia, basilar impression and C2 odontoid process retroflexion that may cause anterior compression of brainstem structures and upper cervical segments of spinal cord. Formerly the conventional method was posterior decompression even in presence of anterior brainstem compression. This article presents on a kinetic example the tactics of one-step treatment of patients with type I Chiari malformation accompanied by basilar impression and C2 odontoid process retroflexion via transoral approach only that was used for both decompression and C1–C2 segment anterior stabilization. Surgical intervention enabled to achieve the decompression of brainstem structures and upper cervical segments of spinal cord, normalization liquor dynamics and subsequent redислокация of cerebellar tonsils to normal position (above the Chamberlain line).

Key words: type I Chiari malformation, C2 odontoid process intussusception, anterior stabilization, C1–C2 spine segment, liquor dynamics, transoral approach.

Введение. В настоящее время мальформацией Киари I типа называется опущение миндалик мозжечка ниже линии Чемберлена (линия между твердым небом и задним краем большого затылочного отверстия) более чем на 5 мм. Стандартным хирургическим лечением в случае появления симптомов компрессии ствола головного мозга является субокципитальная декомпрессия [1–3].

Мальформация Киари I типа часто сопровождается врожденными аномалиями развития, такими как платибазия, базиллярная импрессия и ретрофлексия зубовидного отростка С2-позвонка, которая может вызывать переднюю компрессию стволовых структур и верхнешейных отделов спинного мозга [4].

В настоящее время выполняются следующие типы операций по хирургическому лечению инва-

гинированного зубовидного отростка С2-позвонка, сочетающегося с мальформацией Киари I типа (по сложности выполнения от простых к более сложным): 1) задняя декомпрессия, а именно резекция чешуи затылочной кости; 2) резекция чешуи затылочной кости с проведением пластики твердой мозговой оболочки (ТМО) — вшивание аутоаутоплантата в ТМО, что способствует увеличению объема большой затылочной цистерны; 3) резекция затылочной кости, пластика ТМО и задняя стабилизирующая операция (стабилизация сегмента С1–С2 или окципитоспондилодез). Однако операции, выполняемые из заднего доступа (перечисленные выше варианты), в подавляющем большинстве случаев не обеспечивают полноценной декомпрессии стволовых структур и верхнешейных отделов спинного мозга и нормализации ликвородинамики, а значит, не приводят к регрессу неврологической симптоматики.

Более сложными в техническом исполнении операциями являются передняя трансоральная декомпрессия стволовых структур и верхнешейных отделов спинного мозга, включающая резекцию инвагинированного зубовидного отростка С2-позвонка, заднюю декомпрессию, и проведение задней стабилизации С1–С2-сегмента или окципитоспондилодеза [5]. Причем, если ранее лечение было двухэтапным с перерывом между операциями до 1 нед (передняя декомпрессия, а затем задняя декомпрессия и задняя стабилизация), то в настоящее время все манипуляции выполняются за одну операцию из двух разных доступов [6, 7]. Задняя стабилизирующая операция при выполнении передней декомпрессии (резекции инвагинированного зубовидного отростка С2-позвонка) крайне необходима в связи с тем, что резекция инвагинированного зубовидного отростка С2-позвонка приводит к нестабильности краниовертебрального сочленения, что усугубляет неврологическую симптоматику.

Нами разработана технология одноэтапного лечения пациентов с мальформацией Киари I типа,

сопровождающейся базилярной импрессией и ретрофлексией зубовидного отростка С2-позвонка с использованием только трансорального доступа, который используется как для декомпрессии стволовых структур и верхнешейных отделов спинного мозга, так и для передней стабилизации С1–С2-сегмента. К настоящему моменту с использованием данной техники нами прооперировано два пациента с идентичной клинической картиной (катамнез наблюдения составил 3 года). Нами получено положительное решение о выдаче патента РФ на изобретение «Способ лечения инвагинированного зубовидного отростка С2 позвонка, сочетающегося с мальформацией киари I типа» (заявка № 2016118815 от 16.05.2016).

В качестве иллюстрации приводим одно из клинических наблюдений.

Пациентка М., 38 лет. Диагноз: платибазия, ретрофлексия зубовидного отростка С2-позвонка, грубая компрессия верхнешейного отдела спинного мозга, сочетающаяся с мальформацией Киари I типа.

Обследование включало неврологический осмотр, рентгенологические исследования (обзорная и функциональная рентгенография, КТ и МРТ), исследование краниовертебральных объемных взаимоотношений (ликвородинамики).

При обследовании выявлены нарушения функции V, IX черепных нервов с обеих сторон, легкая мозжечковая симптоматика, нарушение чувствительности по типу гиперпатий в кистях и бедрах, снижение силы в левой руке до 4 баллов.

На томограммах в сагиттальной проекции (рис. 1, а, б) определялись базилярная импрессия с ретрофлексией зубовидного отростка С2-позвонка, грубая компрессия верхнешейных отделов спинного мозга, мальформация Киари I типа — опущение миндалин мозжечка на 15 мм ниже линии Чемберлена. На МР-томограмме во фронтальной проекции (рис. 1, в): опущение миндалин мозжечка в большое затылочное отверстие.

До операции проведено исследование краниовертебральных объемных соотношений, ликвородинамики и венозного кровообращения мозга (см. таблицу). Заключение: отмечается увеличение упругости головного мозга, что свидетельствует о стенозировании краниовертебрального перехода — нарушении ликвородинамики. Истощение резервов краниовертебрального содержимо-

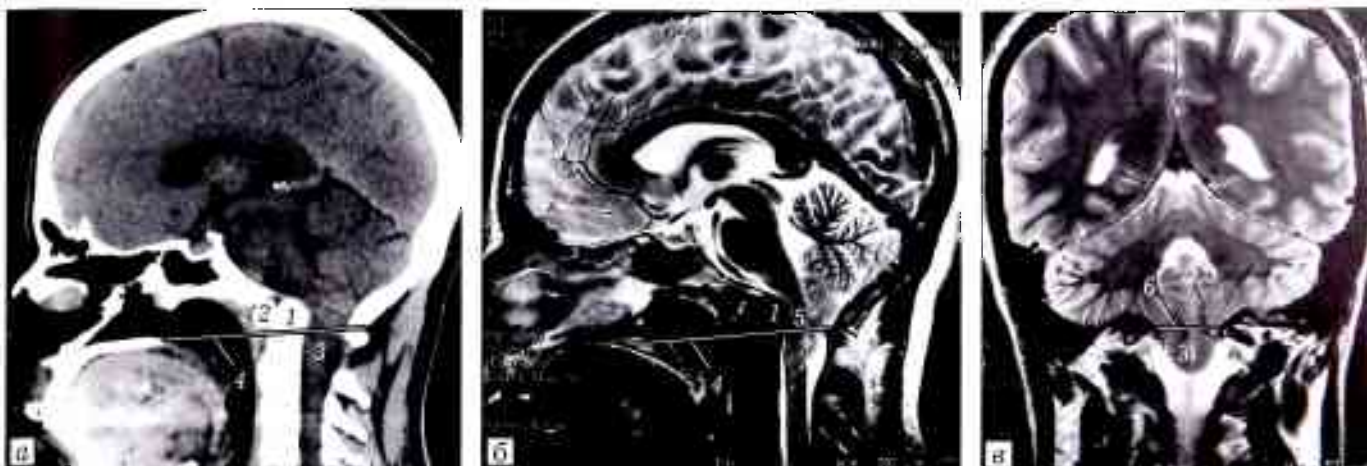


Рис. 1. Данные СКТ в сагиттальной проекции (а), МРТ в сагиттальной (б) и фронтальной (в) проекции до операции.

1 — зубовидный отросток С2-позвонка, 2 — переднее полукольцо С1-позвонка, 3 — миндалики мозжечка, опущенные ниже линии Чемберлена, 4 — линия Чемберлена, 5 — компримированные верхнешейные отделы спинного мозга, 6 — большое затылочное отверстие.

Результаты исследования краниовертебральных объемных соотношений, ликвородинамики и венозного кровообращения мозга

Показатель	Норма	До операции	После операции
Угнутость головного мозга, см/с/град	0,2–0,35	0,67	0,3
Резервная емкость тканей головного мозга, "	0 – (+15)	45	0
Сопротивление оттоку ликвора, с	< 5	5–6	< 5
Систолическая скорость кровотока в прямом синусе: в горизонтальном положении, см/с	14–28	70	23
в зоне пространственной компенсации, см/с	14–28	40	23

го. Загруднение венозного оттока из полости черепа как в горизонтальном положении, так и в зоне пространственной компенсации.

28.10.2014 проведена операция: трансоральное удаление ретрофлексированного зубовидного отростка С2-позвонка, декомпрессия верхнешейных отделов спинного



Рис. 2. Стереолитографическая модель краниовертебрального сегмента пациентки М. с установленной индивидуальной металлической пластиной.

мозга, передний спондилодез С1–С2 с использованием индивидуальной металлической пластины.

После установки трахеостомы, наружного люмбального дренажа, роторасширителя выполняли линейный парамедианный разрез мягкого неба, которое прошивали и разводили на нитях-держалках, затем — линейный срединный разрез фаринкса. Поэтапно скелетировали переднее полукольцо С1-позвонка, нижние отделы зубовидного отростка С2-позвонка и тело этого позвонка. Резецировали переднее полукольцо С1-позвонка. Поэтапно резецировали увеличенный и инвагинированный зубовидный отросток С2-позвонка. После удаления зубовидного отростка С2-позвонка констатировали появление четкой пульсации подлежащей ТМО, ее целостность и отсутствие ликвореи.

Для передней стабилизации С1–С2-сегмента позвоночника использована индивидуальная накладная металлическая пластина, изготовленная с учетом анатомических особенностей конкретного пациента (рис. 2) [8].

Для изготовления индивидуальной пластины выполняли КТ строго в горизонтальном положении (угол наклона Гентри 0°) в 3D-режиме. Полученную томограмму обрабатывали в компьютерной программе для формирования математической модели накладной пластины, которую сопоставляли с математической моделью позвоночника конкретного пациента. После этого, при необходимости, осуществляли корректировку направления введения винтов и их размеров, а также корректировку размеров самой пластины. Затем при помощи высокоточного фрезерования или с использованием порошковых (аддитивных) технологий изготавливали индивидуальную накладную металлическую пластину. Данная пластина учитывает все анатомические особенности передних отделов позвонков С1 и С2 и их взаимоотношение между собой и является абсолютно конгруэнтной передней поверхности С1–С2-сегмента позвоночника конкретного пациента. Следующим этапом формировали полномасштабную 3D-модель краниовертебрального сегмента из фотополимеризующих растворов (полиметилметакрилат) на стереолитографе, которая является точной копией костных структур конкретного пациента. Для оценки степени соответствия накладной металлической пластины ее накладывали на изготовленную стереолитографическую модель краниовертебрального сегмента. При необходимости, для достижения абсолютной конгруэнтности, проводили дополнительную обработку пластины. Накладную металлическую пластину фиксиро-

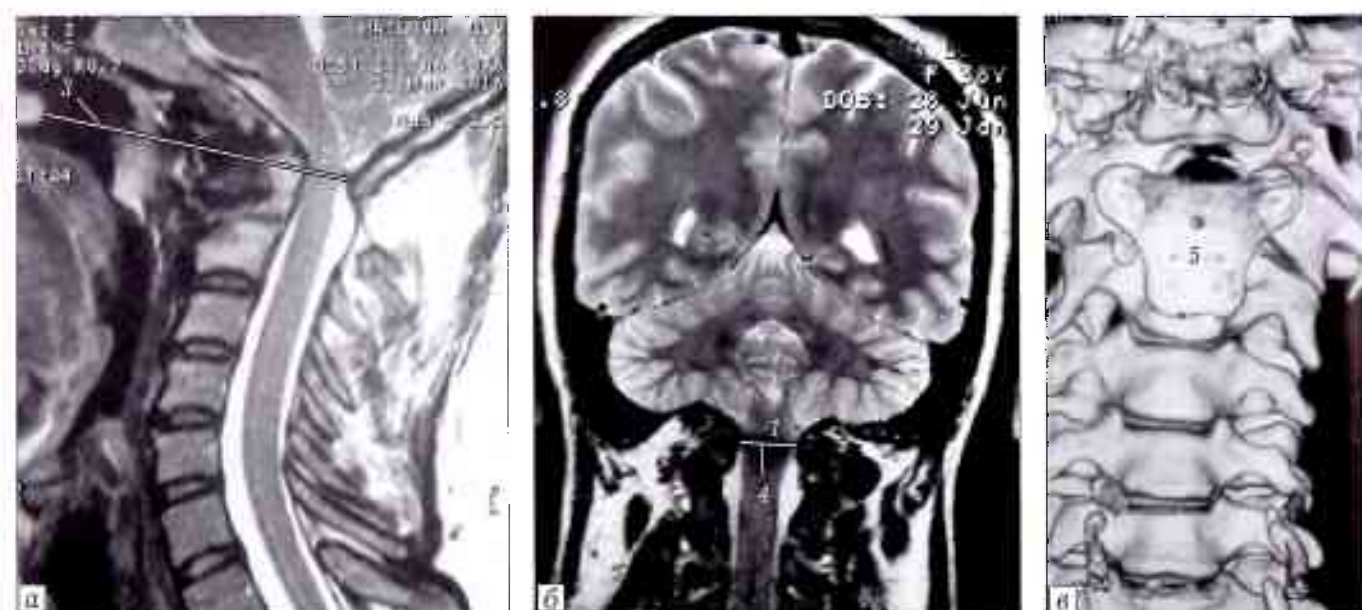


Рис. 3. Данные МРТ в сагиттальной (а) и фронтальной (б) проекции и СКТ в режиме 3D-реконструкции после операции.

1 — редислоцированные миндалики мозжечка, 2 — декомпрессированные верхнешейные отделы спинного мозга, 3 — линия Чемберлена, 4 — большое затылочное отверстие, 5 — индивидуальная металлическая пластина, установленная на передние отделы атлантаксиального сочленения.

Рис. 4. Объем движений в шейном отделе позвоночника у пациентки М. после передней стабилизации атлантоаксиального сочленения.



вали с помощью двух винтов, введенных в боковые массы С1-позвонка и двух винтов, введенных в тело С2-позвонка. Для исключения саморазвертывания винтов использовали стопорные элементы. Кроме этого, профиль наружной поверхности пластины адаптировали под прилегающие мягкие ткани с целью уменьшения площади соприкосновения.

Операцию завершали послойным ушиванием мягких тканей фарингса, наложением швов на мягкое небо. Наружный люмбальный дренаж удаляли. Кровопотеря составила 400 мл.

При контрольных исследованиях: правильное расположение индивидуальной металлической пластины на передних отделах С1–С2-сегмента позвоночника; полное удаление инвагинированного зубовидного отростка С2-позвонка, декомпрессия верхнешейных отделов спинного мозга, миндалики мозжечка приподняты (редислоцированы), расположены выше линии Чемберлена и на уровне нижнего края большого затылочного отверстия (рис. 3).

13.11.14 выполнено контрольное исследование краниовертебральных объемных соотношений, ликвородинамики и венозного кровообращения мозга (см. таблицу). Заключение: патологических изменений ликвородинамики и венозного кровообращения головного мозга не выявлено (норма).

Движения в шейном отделе позвоночника после операции без ограничений (рис. 4). Пациентка выписана на 16-е сутки после операции.

В целом в результате операции отмечен регресс исходной неврологической симптоматики, достигнуты декомпрессия стволовых структур и верхнешейных отделов спинного мозга, нормализация краниовертебральных объемных взаимоотношений (ликвородинамики), редислокация (поднятие) миндалик мозжечка и стабилизация С1–С2-сегмента с минимальным ограничением объема движений в шейном отделе позвоночника.

ОБСУЖДЕНИЕ

Базиллярная импрессия определяется как выстояние зубовидного отростка выше линии Чемберлена более чем на 5 мм [9, 10]. Инвагинация зубовидного отростка С2-позвонка может сочетаться с мальформацией Киари I типа, что является прогностически более неблагоприятным состоянием для пациента и, безусловно, более сложной формой заболевания для хирургического лечения. Опушение миндалик мозжечка происходит в результате нарушения ликвородинамики: при передней компрессии стволовых структур и верхнешейных отделов спинного мозга инвагинированным зубовидным отростком С2-позвонка происходит нарушение ликвородинамики по переднему субарахноидальному пространству, смещение кзади компримированных стволовых структур и верхне-

шейных отделов спинного мозга, что может приводить к более глобальным нарушениям ликвородинамики — повышению внутричерепного давления и последующей дислокации миндалик мозжечка и их опущению в большое затылочное отверстие ниже линии Чемберлена. В данном состоянии возникает выраженная компрессия стволовых структур и верхнешейных отделов спинного мозга инвагинированным зубовидным отростком (спереди) и опущенными миндаликами мозжечка (сзади). Основная задача хирурга в этой ситуации — провести декомпрессию стволовых структур и верхнешейных отделов спинного мозга и попытаться восстановить ликвородинамику.

Ранее традиционным было проведение только задней декомпрессии даже при наличии передней компрессии ствола головного мозга [11, 12]. Суть этой операции заключается в расширении большого затылочного отверстия, удалении дужек С1- и С2-позвонка. Однако почти у трети пациентов, перенесших заднюю декомпрессию, в конечном итоге развивается симптоматика поражения верхнешейных отделов спинного мозга и ствола головного мозга, даже если в раннем послеоперационном периоде исходная симптоматика регрессировала [13, 14]. С другой стороны, убедительные данные о лечении пациентов с мальформацией Киари, сочетающейся с базиллярной импрессией, представил J. Klekamp [15]. В своей работе автор показал, что достаточно проводить заднюю декомпрессию путем расширения большого затылочного отверстия и пластики ТМО без резекции зубовидного отростка, даже при наличии базиллярной импрессии.

В последние десятилетия для резекции зубовидного отростка С2-позвонка с целью декомпрессии вентральной части стволовых структур и верхнешейных отделов спинного мозга широко использовался трансоральный доступ [4, 16]. В дальнейшем был разработан комбинированный способ лечения, и, по мнению M. Zileli и соавт. [17], оптимальным лечением пациентов с мальформацией Киари I типа, сочетающейся с инвагинированным зубовидным отростком, является именно комбинированная передняя и задняя декомпрессия с последующей задней стабилизацией [17].

Проведение стабилизирующей операции является необходимым компонентом лечения пациен-

тов с мальформацией Киари I типа, сочетающейся с инвагинированным зубовидным отростком. Так, A. Menezes и соавт. [18] показали, что в 72% случаев (серия из 72 пациентов) требовалось проведение задней стабилизации после резекции зубовидного отростка C2-позвонка.

Однако в любом случае проведение передней декомпрессии с одномоментной задней стабилизацией является опасной операцией из-за необходимости переворота пациента в ходе операции. И переворот, и дополнительный доступ увеличивают продолжительность операции и повышают ее травматичность [19].

A. Goel, основываясь на большом личном опыте [20–22], показал, что мальформация Киари I типа, независимо от наличия базилярной импрессии, всегда связана с нестабильностью атлантоаксиального сочленения, даже если клинически и радиологически последняя никак не проявляется. Автор показал, что именно атлантоаксиальная нестабильность является причиной опущения миндалик мозжечка и компрессии ствола головного мозга и лечением является стабилизация атлантоаксиального сочленения, в то время как расширение большого затылочного отверстия или пластика ТМО не являются необходимыми [23].

В связи с этим перспективным является проведение передней декомпрессии с последующей передней стабилизацией.

В ходе многочисленных исследований была показана эффективность передней стабилизации с использованием различных систем [24–30], самой широко используемой из которых является TARP — Transoral Atlantoaxial Reduction Plate [24].

Ранее нами было проведено исследование по сравнению биомеханической эффективности используемых задних конструкций стабилизации C1–C2 (крючковые, винтовые) и передней системы стабилизации C1–C2, изготавливаемой с учетом индивидуальных анатомических особенностей пациента, а именно с использованием стереолитографической модели C1–C2-сегмента конкретного пациента, где доказано, что передняя стабилизация атлантоаксиального сочленения по эффективности не уступает, а в ряде случаев и превосходит известные задние системы стабилизации [31].

Нами разработана система передней стабилизации атлантоаксиального сочленения, представляющая собой индивидуальную металлическую пластину, изготавливаемую с использованием математического моделирования для конкретного пациента. Внутренняя поверхность накладной металлической пластины является абсолютно конгруэнтной передней поверхности позвонков C1 и C2, чем достигается максимальная площадь соприкосновения пластины с костными структурами.

Учитывая неоднозначность подходов к хирургическому лечению пациентов с базилярной импрессией с ретрофлексией зубовидного отростка,

сочетающейся с мальформацией Киари I типа, а иногда и их диаметрально противоположность, мы представили свое видение и возможные дальнейшие перспективы хирургического лечения подобных пациентов с использованием трансорального доступа как для декомпрессии стволовых структур и верхнешейных отделов спинного мозга, так и для стабилизации атлантоаксиального сочленения, что подтверждается нашими клиническими наблюдениями.

Результаты изучения ликвородинамики показали, что выполнение полноценной передней декомпрессии (на основе предварительного планирования с использованием стереолитографической модели конкретного пациента) является достаточным для нормализации ликвородинамики и приводит к редислокации миндалик мозжечка и, соответственно, к задней декомпрессии стволовых структур и верхнешейных отделов спинного мозга [32, 33]. В связи с этим при полноценной передней декомпрессии задняя декомпрессия не является необходимой. В результате выполнение передней стабилизации после передней декомпрессии менее травматично.

Заключение. Разработанная и внедренная нами инновационная технология передней стабилизации C1–C2-сегмента позвоночника после резекции инвагинированного зубовидного отростка C2-позвонка и передней декомпрессии стволовых структур и верхнешейных отделов спинного мозга, выполняемые из одного трансорального доступа, обеспечивает прогностически благоприятный клинический эффект с нормализацией ликвородинамики и последующим поднятием (редислокацией) миндалик мозжечка до нормального положения (выше линии Чемберлена).

ЛИТЕРАТУРА

1. DeBarros M., Farias W., Ataide L., Lins S. Basilar impression and Arnold-Chiari malformation. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatr.* 1968; 31: 596–605.
2. Pollack I.F., Pang D., Albright A.L., Krieger D. Outcome following hindbrain decompression of symptomatic Chiari malformations in children previously treated with myelomeningocele closure and shunts. *J. Neurosurg.* 1992; 77 (6): 881–8.
3. Dyste G.N., Menezes A.H., VanGilder J.C. Symptomatic Chiari malformations An analysis of presentation, management, and long-term outcome. *J. Neurosurg.* 1989; 71 (2): 159–68.
4. Hwang S.W., Heilman C.B., Riesenburger R.I., Kryzanski J. C1–C2 arthrodesis after transoral odontoidectomy and suboccipital craniectomy for ventral brain stem compression in Chiari I patients. *Eur. Spine J.* 2008; 17 (9): 1211–7.
5. Menezes A.H. Craniovertebral junction abnormalities with hindbrain herniation and syringomyelia: regression of syringomyelia after removal of ventral craniovertebral junction compression. *J. Neurosurg.* 2012; 116: 301–9.
6. Menezes A.H., VanGilder J.C., Graf C.J., McDonnell D.E. Craniovertebral abnormalities. A comprehensive surgical approach. *J. Neurosurg.* 1980; 53: 444–55.
7. Menezes A.H. Primary craniovertebral anomalies and hindbrain herniation syndrome (Chiari I): database analysis. *Pediatr. Neurosurg.* 1995; 23 (5): 260–9.

8. Ветрилэ М.С., Крашенинников Л.А., Егоренкова Ю.И. и др. Устройство для передней стабилизации C1-C2 позвонков. Патент РФ на изобретение №2615900.
9. Ursekar M., Sanghvi D., Shah A., Goel A., Burute N. Radiological investigations. In: Goel A., Cacciola F., eds. The craniovertebral junction. diagnosis, pathology, surgical techniques. Stuttgart: Thieme; 2011: 54-70.
10. Chamberlain W.E. Basilar impression (platybasia): a bizarre developmental anomaly of the occipital bone and upper cervical spine with striking and misleading neurologic manifestations. 1939; Yale J. Biol. Med. 11 (5): 487-96.
11. Bhurucha E.P., Dastur H.M. Craniovertebral anomalies: a report of 40 cases. Brain. 1964; 87: 469-80.
12. Menezes A.H., VanGilder J.C., Clark C.R. Odontoid upward migration in rheumatoid arthritis: an analysis of 45 patients with "cranial settling". J. Neurosurg. 1985; 63: 300-9.
13. Saez R.J., Onofrio B.M., Yanughara T. Experience with Arnold-Chiari malformation, 1960-1970. J. Neurosurg. 1976; 45: 416-22.
14. Levy W.J., Mason L., Hahn J.F. Chiari malformation presenting in adults: a surgical experience in 127 cases. Neurosurgery. 1983; 12: 377-90.
15. Klekamp J. Chiari I malformation with and without basilar invagination: a comparative study. Neurosurg. Focus. 2015; 38 (4): E12.
16. Sawin P.D., Menezes A.H. Basilar invagination in osteogenesis imperfecta and related osteochondrodysplasias: medical and surgical management. J. Neurosurg. 1997; 86 (6): 950-60.
17. Zileli M., Cagli S. Combined anterior and posterior approach for managing basilar invagination associated with type I Chiari malformation. J. Spinal Disord. Tech. 2002; 15 (4): 284-9.
18. Menezes A.H., VanGilder J.C. Transoral-transpharyngeal approach to the anterior craniovertebral junction: ten-year experience with 72 patients. J. Neurosurg. 1988; 69 (6): 895-903.
19. Li X.S., Wu Z.H., Xia H. et al. The development and evaluation of individualized templates to assist transoral C2 articular mass or transpedicular screw placement in TARP-IV procedures: adult cadaver specimen study. Clinics (Sao Paulo). 2014; 69 (11): 750-7.
20. Goel A., Bhatjiwale M., Desai K. Basilar invagination: a study based on 190 surgically treated patients. J. Neurosurg. 1998; 88 (6): 962-8.
21. Goel A. Treatment of basilar invagination by atlantoaxial joint distraction and direct lateral mass fixation. J. Neurosurg. Spine. 2004; 1: 281-6.
22. Goel A., Achawal S. The surgical treatment of Chiari malformation association with atlantoaxial dislocation. Br. J. Neurosurg. 1995; 9 (1): 67-72.
23. Goel A. Is atlantoaxial instability the cause of Chiari malformation? Outcome analysis of 65 patients treated by atlantoaxial fixation. J. Neurosurg. Spine. 215; 22 (2): 116-27.
24. Zhang B.C., Liu H.B., Cai X.H. et al. Biomechanical comparison of a novel transoral atlantoaxial anchored cage with established fixation technique - a finite element analysis. BMC Musculoskelet. Disord. 2015; 16: 261.
25. Yin Q., Ai F., Zhang K. et al. Irreducible anterior atlantoaxial dislocation: one-stage treatment with a transoral atlantoaxial reduction plate fixation and fusion. Report of 5 cases and review of the literature. Spine (Phila Pa 1976). 2005; 30 (13): E375-81.
26. Ai F.Z., Yin Q.S., Xu D.C. et al. Transoral atlantoaxial reduction plate internal fixation with transoral transpedicular or articular mass screw of c2 for the treatment of irreducible atlantoaxial dislocation: two case reports. Spine (Phila Pa 1976). 2011; 36 (8): E556-62.
27. Kandziora F., Schulze-Stahl N., Khodadadyan-Klostermann C. et al. Screw placement in transoral atlantoaxial plate systems: an anatomical study. J. Neurosurg. 2001; 95 (1 Suppl): 80-7.
28. Zhang B., Liu H., Cai X. et al. Biomechanical Comparison of Modified TARP Technique Versus Modified Goel Technique for the Treatment of Basilar Invagination: A Finite Element Analysis. Spine (Phila Pa 1976). 2016; 41 (8): E459-66.
29. Yin Q.S., Li X.S., Bai Z. et al. An 11-year Review of the TARP Procedure in the Treatment of Atlantoaxial Dislocation. Spine (Phila Pa 1976). 2016; 41 (19): E1131-8.
30. Wang C., Yan M., Zhou H.T. et al. Open reduction of irreducible atlantoaxial dislocation by transoral anterior atlantoaxial release and posterior internal fixation. Spine (Phila Pa 1976). 2006; 31 (11): E306-13.
31. Кулешов А.А., Шкарубо А.И., Гаверюшенко Н.С. и др. Сравнительное экспериментальное исследование индивидуальной пластины для передней стабилизации и дорсальных систем фиксации на уровне C1-C2-позвонков. Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2016; 1: 76-81.
32. Митрофанова Е.В., Шахнович В.А., Шкарубо А.И. и др. Венозное кровообращение головного мозга и ликвородинамика при патологии краниовертебрального перехода (инвагинация зубовидного отростка C2 позвонка). Российский нейрохирургический журнал имени профессора А.Л. Поленова. 2014; Т. VI, Специальный выпуск: 353-5.
33. Шахнович В.А., Митрофанова Е.В., Шиманский В.И. и др. Церебровенозная ортостатическая реактивность при патологии краниовертебрального перехода (мальформации Киари). Журнал Вопросы нейрохирургии имени Н.П. Бурденко. 2015; 79 (6): 61-71.

REFERENCES

1. DeBarros M., Farias W., Ataide L., Lins S. Basilar impression and Arnold-Chiari malformation. J. Neurol. Neurosurg. Psychiatr. 1968; 31: 596-605.
2. Pollack I.F., Pang D., Albright A.L., Krieger D. Outcome following hindbrain decompression of symptomatic Chiari malformations in children previously treated with myelomeningocele closure and shunts. J. Neurosurg. 1992; 77 (6): 881-8.
3. Dyste G.N., Menezes A.H., VanGilder J.C. Symptomatic Chiari malformations. An analysis of presentation, management, and long-term outcome. J. Neurosurg. 1989; 71 (2): 159-68.
4. Hwang S.W., Heilman C.B., Riesenburger R.J., Kryzanski J. C1-C2 arthrodesis after transoral odontoidectomy and suboccipital craniectomy for ventral brain stem compression in Chiari I patients. Eur. Spine J. 2008; 17 (9): 1211-7.
5. Menezes A.H. Craniovertebral junction abnormalities with hindbrain herniation and syringomyelia: regression of syringomyelia after removal of ventral craniovertebral junction compression. J. Neurosurg. 2012; 116: 301-9.
6. Menezes A.H., VanGilder J.C., Graf C.J., McDonnell D.E. Craniovertebral abnormalities. A comprehensive surgical approach. J. Neurosurg. 1980; 53: 444-55.
7. Menezes A.H. Primary craniovertebral anomalies and hindbrain herniation syndrome (Chiari I): database analysis. Pediatr. Neurosurg. 1995; 23 (5): 260-9.
8. Vetrile M.S., Krashennnikov L.A., Egorenkova Yu.I. et al. Device for C1-C2 anterior stabilization. Patent RF, №2615900 (in Russian).
9. Ursekar M., Sanghvi D., Shah A., Goel A., Burute N. Radiological investigations. In: Goel A., Cacciola F., eds. The craniovertebral junction. diagnosis, pathology, surgical techniques. Stuttgart: Thieme; 2011: 54-70.
10. Chamberlain W.E. Basilar impression (platybasia): a bizarre developmental anomaly of the occipital bone and

- upper cervical spine with striking and misleading neurologic manifestations. 1939; Yale J. Biol. Med. 11 (5): 487-96.
11. *Bharucha E.P., Dastur H.M.* Craniovertebral anomalies: a report of 40 cases. Brain. 1964; 87: 469-80.
 12. *Menezes A.H., VanGilder J.C., Clark C.R.* Odontoid upward migration in rheumatoid arthritis: an analysis of 45 patients with "cranial settling". J. Neurosurg. 1985; 63: 500-9.
 13. *Saez R.J., Onofrio B.M., Yanagihara T.* Experience with Arnold-Chiari malformation, 1960-1970. J. Neurosurg. 1976; 45: 416-22.
 14. *Levy W.J., Mason L., Hahn J.F.* Chiari malformation presenting in adults: a surgical experience in 127 cases. Neurosurgery. 1983; 12: 377-90.
 15. *Klekamp J.* Chiari I malformation with and without basilar invagination: a comparative study. Neurosurg. Focus. 2015; 38 (4): E12.
 16. *Sawin P.D., Menezes A.H.* Basilar invagination in osteogenesis imperfecta and related osteochondrodysplasias: medical and surgical management. J. Neurosurg. 1997; 86 (6): 950-60.
 17. *Zileli M., Cagli S.* Combined anterior and posterior approach for managing basilar invagination associated with type I Chiari malformation. J. Spinal Disord. Tech. 2002; 15 (4): 284-9.
 18. *Menezes A.H., VanGilder J.C.* Transoral-transpharyngeal approach to the anterior craniocervical junction: ten-year experience with 72 patients. J. Neurosurg. 1988; 69 (6): 895-903.
 19. *Li X.S., Wu Z.H., Xia H. et al.* The development and evaluation of individualized templates to assist transoral C2 articular mass or transpedicular screw placement in TARP-IV procedures: adult cadaver specimen study. Clinics (Sao Paulo). 2014; 69 (11): 750-7.
 20. *Goel A., Bhatjiwale M., Desai K.* Basilar invagination: a study based on 190 surgically treated patients. J. Neurosurg. 1998; 88 (6): 962-8.
 21. *Goel A.* Treatment of basilar invagination by atlantoaxial joint distraction and direct lateral mass fixation. J. Neurosurg. Spine. 2004; 1: 281-6.
 22. *Goel A., Achawal S.* The surgical treatment of Chiari malformation association with atlantoaxial dislocation. Br. J. Neurosurg. 1995; 9 (1): 67-72.
 23. *Goel A.* Is atlantoaxial instability the cause of Chiari malformation? Outcome analysis of 65 patients treated by atlantoaxial fixation. J. Neurosurg. Spine. 215; 22 (2): 116-27.
 24. *Zhang B.C., Liu H.B., Cai X.H. et al.* Biomechanical comparison of a novel transoral atlantoaxial anchored cage with established fixation technique - a finite element analysis. BMC Musculoskelet. Disord. 2015; 16: 261.
 25. *Yin Q., Ai F., Zhang K. et al.* Irreducible anterior atlantoaxial dislocation: one-stage treatment with a transoral atlantoaxial reduction plate fixation and fusion. Report of 5 cases and review of the literature. Spine (Phila Pa 1976). 2005; 30 (13): E375-81.
 26. *Ai F.Z., Yin Q.S., Xu D.C. et al.* Transoral atlantoaxial reduction plate internal fixation with transoral transpedicular or articular mass screw of c2 for the treatment of irreducible atlantoaxial dislocation: two case reports. Spine (Phila Pa 1976). 2011; 36 (8): E556-62.
 27. *Kandziora F., Schulze-Stahl N., Khodadadyan-Klostermann C. et al.* Screw placement in transoral atlantoaxial plate systems: an anatomical study. J. Neurosurg. 2001; 95 (1 Suppl): 80-7.
 28. *Zhang B., Liu H., Cai X. et al.* Biomechanical Comparison of Modified TARP Technique Versus Modified Goel Technique for the Treatment of Basilar Invagination: A Finite Element Analysis. Spine (Phila Pa 1976). 2016; 41 (8): E459-66.
 29. *Yin Q.S., Li X.S., Bai Z. et al.* An 11-year Review of the TARP Procedure in the Treatment of Atlantoaxial Dislocation. Spine (Phila Pa 1976). 2016; 41 (19): E1151-8.
 30. *Wang C., Yan M., Zhou H.T. et al.* Open reduction of irreducible atlantoaxial dislocation by transoral anterior atlantoaxial release and posterior internal fixation. Spine (Phila Pa 1976). 2006; 31 (11): E306-13.
 31. *Kuleshov A.A., Shkarubo A.N., Gavryushenko N.S. et al.* Comparative experimental study of custom made plate for anterior stabilization and dorsal fixation systems at C1-C2 vertebrae level. Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorov. 2016; 1: 76-81 (in Russian).
 32. *Mitrofanova E.V., Shakhnovich V.A., Shkarubo A.N. et al.* Venous circulation of brain and cerebrospinal fluid dynamics in pathology of craniocervical junction (intussusception dens C2 vertebra). Rossiyskiy neirokhirurgicheskiy zhurnal im. professora A.L. Polenova. 2014; VI, special issue: 353-5 (in Russian).
 33. *Shakhnovich V.A., Mitrofanova E.V., Shimanskiy V.N. et al.* Cerebrovenous orthostatic reactivity in pathology of the craniocervical junction (Chiari malformation). Zhurnal voprosy neirokhirurgii im. N.N. Burdenko. 2015; 79 (6): 61-70 (in Russian).

Сведения об авторах: Шкарубо А.Н. — доктор мед. наук, ведущий науч. сотр. ННПЦН им. акад. И.Н. Бурденко, профессор каф. нейрохирургии РМАПО; Кулешов А.А. — доктор мед. наук, рук. группы вертебологии ЦИТО; Чернов И.В. — клинический ординатор ННПЦН им. акад. И.Н. Бурденко; Шахнович В.А. — доктор мед. наук, врач группы клинической патологии мозгового кровообращения ННПЦН им. акад. И.Н. Бурденко; Митрофанова Е.В. — врач группы клинической патологии мозгового кровообращения ННПЦН им. акад. И.Н. Бурденко; Ветрилэ М.С. — канд. мед. наук, старший науч. сотр. группы вертебологии ЦИТО; Лисянский И.Н. — канд. мед. наук, врач группы вертебологии ЦИТО; Громов И.С. — аспирант ЦИТО.

Для контактов: Шкарубо Алексей Николаевич. E-mail: Ashkarubo@nsi.ru.



Если Вы хотите разместить Вашу рекламу
в «Вестнике травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова»,
обращайтесь в редакцию журнала

127299, Москва, ул. Приорова, 10, ЦИТО.
Тел.: 8(495)450-24-24, 8(968)897-37-91