



# ЗАДНЯЯ ФИКСАЦИЯ КРАНИОЦЕРВИКАЛЬНОГО ПЕРЕХОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИНТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А.В. Губин, А.В. Бурцев

Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова, Курган

**Цель исследования.** Анализ возможностей винтовой задней инструментальной фиксации в краниоцервикальном отделе, описание технических аспектов введения винтов и компоновки металлоконструкций в зависимости от индивидуальных анатомических особенностей пациентов и клинических ситуаций.

**Материал и методы.** Представлен опыт хирургического лечения 29 пациентов, которым выполняли различные варианты задней фиксации краниоцервикального отдела позвоночника от затылочной кости до С<sub>2</sub> с использованием винтовых конструкций. Описаны технические аспекты введения винтов в зависимости от уровня, возможные осложнения, способы их устранения и профилактики.

**Результаты.** Срок наблюдения пациентов от 6 мес. до 3 лет. Во всех случаях наблюдали хороший функциональный результат. Эпизодов возникновения нестабильности не было. Закономерно клинически отмечалось ограничение амплитуды ротационных движений, выполнение которых становилось возможным за счет свободных от фиксации сегментов.

**Заключение.** Задняя инструментальная фиксация с использованием полиаксиальных винтов и стержней является надежным методом стабилизации при различной патологии окципитоатлантаксиального отдела. Ее использование требует тщательного предоперационного планирования, знания особенностей введения винтов и возможных осложнений.

**Ключевые слова:** окципитоатлантаксиальный отдел, нестабильность, задняя инструментальная фиксация.

Для цитирования: Губин А.В., Бурцев А.В. Задняя фиксация краниоцервикального перехода с использованием винтовых конструкций // Хирургия позвоночника. 2014. № 2. С. 42–48.

## POSTERIOR SCREW FIXATION OF THE CRANIOCERVICAL JUNCTION

A.V. Gubin, A.V. Burtsev

**Objective.** To analyze feasibility of posterior instrumented fixation of the craniocervical spine, and to describe technical aspects of screw insertion and instrumentation configuration depending on individual anatomical features and clinical settings.

**Material and Methods.** The paper presents the experience of surgical treatment of 29 patients who underwent different types of posterior screw fixation in the craniocervical spine from the occipital bone to the C2 vertebra. Technical aspects of screw insertion at different levels, possible complications and ways of their elimination and prevention were described.

**Results.** The follow-up period of patients varied from 6 months to 3 years. Good functional outcome was observed in all cases. There were no episodes of instability. The expected clinical picture included limited range of rotational motion, which became possible for the account of not fixed segments.

**Conclusion.** Posterior instrumented fixation using polyaxial screws and rods is a reliable stabilization method for various disorders of the occipitoatlantoaxial junction. Its use requires careful preoperative planning and knowledge of all technical aspects of screw insertion and possible complications.

**Key Words:** occipitoatlantoaxial junction, instability, posterior instrumented fixation.

Hir. Pozvonoc. 2014;(2):42–48.

Показанием для краниоцервикальной фиксации является окципитоатлантаксиальная нестабильность, обусловленная травмой, аномалиями развития, инфекционно-воспалительными

заболеваниями, опухолевым процессом, ревматоидным артритом, проведенными ранее хирургическими процедурами (одонтэктомия С<sub>2</sub> позвонка) [4, 8, 22, 32, 33, 38, 43]. До недавнего

времени широко использовали различные методики ламинарной проволочной (Gallie, Brooks) и крюковой фиксации [8, 22, 33, 43]. Однако при данных вариантах стабилиза-

ции вероятность развития псевдоартроза может достигать 30 % [18, 23, 25, 29]. В настоящее время наиболее надежной является задняя фиксация с использованием полиаксиальных винтов и стержней. Оптимальным уровнем фиксации в большинстве случаев является чешуя затылочной кости – С<sub>2</sub> позвонок [12, 13, 38]. При атлантаксиальном блокировании наиболее эффективной в большинстве случаев является фиксация С<sub>1</sub>–С<sub>2</sub> по Harms [5, 15, 18]. Наибольшие сложности возникают при стабилизации краниоцервикального отдела на фоне врожденных аномалий развития, когда гипоплазия костных структур позвонков не позволяет использовать их в качестве опорных точек фиксации и когда есть высокий риск нейроваскулярных повреждений [1, 9, 12, 13, 16, 30, 38]. Данные обстоятельства существенно ограничивают выбор способов введения винтов. В связи с этим хорошие знания анатомии краниоцервикального перехода, технических аспектов введения винтов с учетом уровня и анатомических особенностей, риска возможных осложнений и их профилактики являются необходимым условием успешного применения методов задней фиксации.

Цель исследования – анализ возможностей винтовой задней инструментальной фиксации в краниоцервикальном отделе, описание технических аспектов введения винтов и компоновки металлоконструкций в зависимости от индивидуальных анатомических особенностей пациентов и клинических ситуаций.

## Материал и методы

В исследование включены данные диагностики и лечения 29 пациентов, которым была выполнена задняя фиксация окципитоатлантаксиального отдела от затылочной кости до С<sub>2</sub> (табл. 1). Фиксацию проводили в пределах затылочной кости – С<sub>2</sub> позвонка. Количество установленных винтов и способы их введения приведены в табл. 2. Из методов исследования использовали двухпроекцион-

Таблица 1

Характеристика пациентов

Пациент	Пол	Возраст, лет	Диагноз	Фиксация
1-й	ж	11	Ротационный вывих С <sub>1</sub>	С <sub>1</sub> –С <sub>2</sub> по Harms
2-й	м	57	Перелом зуба С <sub>2</sub> II типа	С <sub>1</sub> –С <sub>2</sub> по Harms
3-й	ж	34	Перелом палача ПА типа	С <sub>2</sub> –С <sub>3</sub>
4-й	м	24	Перелом боковой массы С <sub>3</sub> с односторонним вывихом	С <sub>2</sub> –С <sub>4</sub>
5-й	м	53	Перелом зуба С <sub>2</sub> , вывих С <sub>1</sub>	С <sub>1</sub> –С <sub>2</sub> по Harms
6-й	м	15	Разрыв поперечной связки атланта на фоне врожденной аномалии развития	С <sub>0</sub> –С <sub>2</sub> по Wright**
7-й	м	9	Зубовидная кость	С <sub>1</sub> –С <sub>2</sub> по Wright**
8-й	м	8	Костная кривошея, синдром Клиппеля-Фейля	С <sub>0</sub> –С <sub>4</sub>
9-й	м	31	Перелом палача II типа	С <sub>2</sub> –С <sub>3</sub>
10-й	м	53	Перелом палача II типа	С <sub>2</sub> –С <sub>3</sub>
11-й	ж	21	Перелом палача II типа	С <sub>2</sub> –С <sub>3</sub>
12-й	м	40	Перелом зуба С <sub>2</sub> II типа	С <sub>1</sub> –С <sub>2</sub> по Harms
13-й	м	23	Перелом палача ПА типа	С <sub>2</sub> –С <sub>4</sub>
14-й	ж	51	Вывих С <sub>2</sub>	С <sub>0</sub> –С <sub>3</sub>
15-й	ж	14	Зубовидная кость	С <sub>0</sub> –С <sub>4</sub>
16-й	ж	24	Разрыв поперечной связки атланта	С <sub>1</sub> –С <sub>2</sub> по Harms
17-й	м	51	Перелом палача II типа	С <sub>2</sub> –С <sub>3</sub>
18-й*	м	23	Перелом боковой массы С <sub>3</sub> с односторонним вывихом	С <sub>2</sub> –С <sub>4</sub>
19-й	м	10	Зубовидная кость	С <sub>0</sub> –С <sub>5</sub>
20-й	ж	14	Застарелый ротационный вывих С <sub>1</sub>	С <sub>0</sub> –С <sub>4</sub>
21-й	м	41	Перелом зуба С <sub>2</sub> II типа	С <sub>1</sub> –С <sub>2</sub> по Magerl
22-й	м	57	Перелом дуги С <sub>2</sub> , двусторонний вывих С <sub>3</sub>	С <sub>2</sub> –С <sub>4</sub>
23-й	м	55	Перелом палача II типа, перелом С <sub>3</sub>	С <sub>2</sub> –С <sub>4</sub>
24-й	ж	45	Перелом палача ПА типа, вывих С <sub>1</sub>	С <sub>0</sub> –С <sub>5</sub>
25-й	м	23	Перелом палача II типа	С <sub>2</sub> –С <sub>3</sub>
26-й	ж	21	Базиллярная импрессия	С <sub>0</sub> –С <sub>2</sub> по Wright**
27-й	ж	34	Перелом палача II типа, перелом С <sub>3</sub>	С <sub>2</sub> –С <sub>4</sub>
28-й	ж	62	Ротационная вертебробазиллярная недостаточность на фоне врожденной аномалии развития	С <sub>0</sub> –С <sub>2</sub> по Wright**
29-й	ж	15	Ротационный вывих С <sub>1</sub> на фоне врожденной аномалии развития, синдром Клиппеля-Фейля	С <sub>0</sub> –С <sub>2</sub> по Wright**

\* представлена патология не краниоцервикального отдела, однако использовалась фиксация С<sub>2</sub>;

\*\* в С<sub>2</sub> использовалась интраламнарная фиксация, предложенная в 2004 г. Wright [40]; в случаях фиксации С<sub>0</sub>–С<sub>2</sub> с введением винтов интерламнарно монтаж металлоконструкции производился с перекрестным размещением стержней.

Таблица 2

Распределение винтов в зависимости от способа введения

Уровень фиксации	Способ введения винта	Винты, п
C <sub>0</sub>	В чешую затылочной кости	20*
C <sub>1</sub>	В боковую массу	12
C <sub>2</sub>	Транспедикулярно	26
C <sub>2</sub>	В суставную часть	10
C <sub>2</sub>	Интерламинарно	10
C <sub>2</sub>	Трансартикулярно	2

В таблице не учтены винты, введенные в боковые массы субаксиальных позвонков;

\* введены в чешую затылочной кости с целью фиксации затылочной пластины.

ную рентгенографию с трансоральной укладкой, функциональную рентгенографию, МСКТ с последующим 3D-моделированием, компьютерную ангиографию (КТА), МРТ. В качестве методов лечения использовали гало-вытяжение, различные варианты задней инструментальной фиксации (рис. 1).

При проведении предоперационного планирования особое внимание уделяли определению нестабильности в позвоночно-двигательных сегментах, степени и локализации компрессии спинного мозга и корешков, изучению анатомических особенностей костных структур, расположению крупных сосудов (внутренних сонных и позвоночных артерий). В ряде случаев предварительно выполняли гало-вытяжение с грузом от 4 до 11 кг в течение

4–7 дней. Во всех случаях внешнюю фиксацию с необходимым позиционированием головы использовали интраоперационно, что существенно облегчало репозицию перед окончательной фиксацией.

В качестве опорных точек в затылочной кости выбирали участок чешуи между нижней и верхней выйными линиями (рис. 2). В C<sub>2</sub> позвонке введение винтов осуществляли в боковые массы. При этом для выбора места введения винта имел значение размер задней дуги атланта. В зависимости от этого проведение осуществляли через всю дугу, частично через дугу (после предварительной ее резекции) или под дугой (рис. 3). Траектория введения винта соответствовала медиальному направлению с наклоном 10–15° параллельно нижней поверхности

задней дуги атланта. При выборе точки введения производили осторожную визуализацию нервного корешка C<sub>2</sub>. Выполняли данную манипуляцию максимально деликатно, так как в этой области находится густая сеть венозного сплетения. Неосторожная манипуляция приводила бы к массивному венозному кровотечению. При возникновении кровотечения гемостаз успешно осуществляли путем закладывания гемостатической губки и турунды, пропитанной 3 % раствором перекиси водорода. Гемостаз с применением электрокоагулятора не производили из-за неэффективности и опасности повреждения нервного корешка C<sub>2</sub>.

Для фиксации C<sub>2</sub> позвонка использовали три способа фиксации: транспедикулярно, в суставную часть (*pars articularis*) и интерламинарно (трансламинарно). Транспедикулярный способ являлся наиболее требовательным с точки зрения предоперационного планирования и опасным с точки зрения мальпозиции винта в позвоночный канал или в канал позвоночной артерии. Данный способ фиксации использовали только при хорошем развитии ножек C<sub>2</sub> позвонка по данным лучевых методов исследования. Точка введения винта располагалась в верхнемедиальном квадранте перешейка позвонка. Траекторию выбирали в каждом случае индивидуально,



Рис. 1

Гало-корона и схема полиаксиальных винтов для задней фиксации (схема создана в лаборатории информационных технологий в травматологии и ортопедии РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова)



Рис. 2

Схема и боковая рентгенограмма окципитоспондилодеза с использованием затылочной пластины и полиаксиальных винтов (схема создана в лаборатории информационных технологий в травматологии и ортопедии РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова)

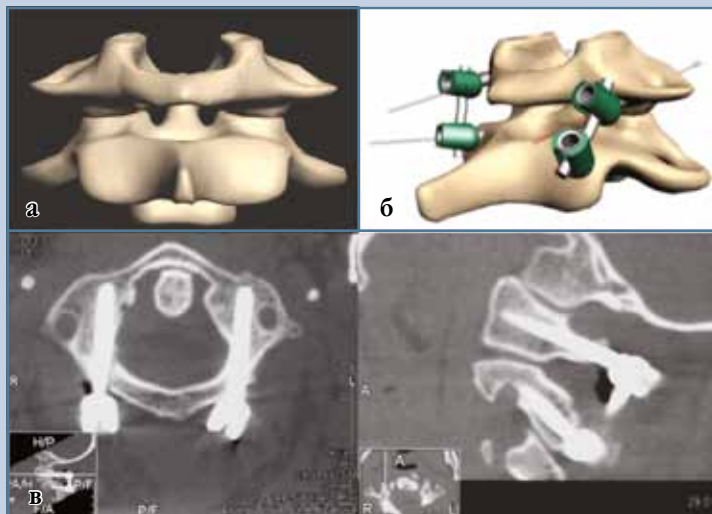


Рис. 3

Схема введения винтов в  $C_1$  (а – точки введения; б – траектория введения) и МСКТ (в) с введенными винтами (схемы созданы в лаборатории информационных технологий в травматологии и ортопедии РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова)

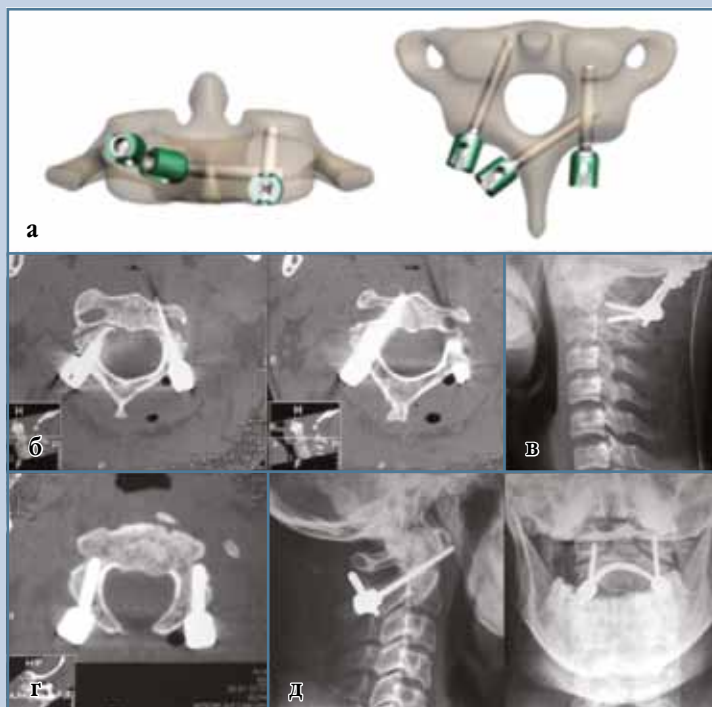


Рис. 4

Способы введения винтов в  $C_2$ : схема (а), МСКТ и рентгенограммы шейного отдела позвоночника с введенными винтами – транспедикулярно (б); интерламинарно/трансламинарно (в); в суставную часть (*pars interarticularis*) (г); трансартикулярно по Magerl (д)

при осторожной визуализации внутреннего края ножки позвонка со стороны позвоночного канала. При этом в большинстве случаев траектория соответствовала медиально-краниальному направлению с углом наклона  $10\text{--}20^\circ$  (рис. 4). Более простая и безопасная, по нашему мнению, методика введения в *pars interarticularis*. Точка и траектория введения соответствовала трансартикулярному способу введения по Magerl и располагалась на 2–3 мм выше края нижнего суставного отростка  $C_2$  и снаружи от границы дуги и суставной части  $C_2$  позвонка, с направлением краниально на  $20\text{--}30^\circ$  и кнутри на  $10^\circ$  (рис. 4). Наиболее технически простым и безопасным являлся интерламинарный (трансламинарный) способ введения винта. Точка ввода располагалась на границе остистого отростка и дуги. Выбор траектории введения осуществляли параллельно противоположной стороне дуги (рис. 4). Особое внимание уделяли внутренней стенке канала для винта, что гарантировало невозможность его интраканального проникновения. При этом максимальная длина введенного винта достигала 32 мм.

Установку продольных стержней осуществляли после их предварительного моделирования. Производили репозиционный маневр с помощью соответствующего инструментария, а также вручную за гало-корону. При выполнении фиксации  $C_0\text{--}C_2$  с интерламинарно введенными винтами приходилось тщательно моделировать продольные стержни. Данная процедура сопровождалась многократными изгибаниями, что негативно сказывалось на прочности и жесткости продольных стержней. В связи с этим начали выполнять перекрестную установку продольных стержней (рис. 5). При этом способе монтажа металлоконструкции особое внимание уделяли бесконтактному взаиморасположению стержней, что предотвращало их возможное трение.

В послеоперационном периоде дополнительные средства внешней иммобилизации не использовали. Активизацию пациентов, как правило, производили на вторые сутки. В раннем послеоперационном периоде у всех больных сохранялась мышечная кривошея, которая разрешалась самостоятельно в течение 5–7 дней и не требовала лечения.

### Результаты и их обсуждение

Срок наблюдения пациентов от 6 мес. до 3 лет. Во всех случаях наблюдали хороший функциональный результат. Эпизодов возникновения нестабильности не было. Закономерно клинически отмечалось ограничение амплитуды ротационных движений, выполнение которых становилось возможным за счет свободных от фиксации сег-



ментов (рис. 6). Наибольшее ограничение движений было после окципитоцервикальной фиксации.

**Осложнения.** При введении винтов в  $C_1$  позвонок в ряде случаев происходило повреждение венозного сплетения в области  $C_2$  корешка, что сопровождалось обильным венозным кровотечением. С ним успешно справлялись вышеописанным способом. Эпизодов повреждения крупных сосудов не наблюдали. Инфекционных осложнений не было.

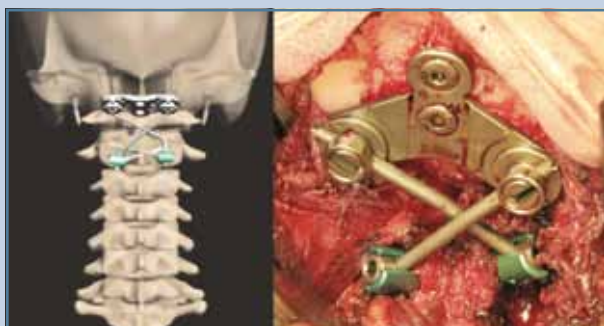
По данным литературы [4, 8, 12, 13, 37], долгосрочные результаты оценки окципитоцервикальной винтовой фиксации свидетельствуют о ее высокой эффективности. Формирование спондилодеза происходит в 94–98 % случаев [4, 8, 9]. Лишь в 7 % случаев возникает болезнь смежных сегментов [4]. В настоящее время в литературе все чаще обсуждается вопрос краниоцервикальной фиксации с введением винтов в мыщелки затылочной кости. Однако проведенные биомеханические исследования свидетельствуют об отсут-

ствии разницы в сравнении с фиксацией за чешую затылочной кости [19, 37]. При этом техника введения винтов в мыщелки является более сложной и опасной. Клинических описаний с использованием данной методики обнаружить не удалось.

Надежность фиксации по Harms при атлантоаксиальной нестабильности достигает 100 % [15]. В качестве опорных точек в  $C_1$  позвонке выступают боковые массы, в  $C_2$  – ножки, суставные части (*pars articularis*) и дуги [10, 15, 18, 23].

Описанная Harms методика установки винтов в боковые массы  $C_1$  предусматривает выбор точки введения через заднюю дугу или под дугой. При этом траектория соответствует медиальному направлению на 5–10° параллельно нижней поверхности задней дуги  $C_1$  [18]. Однако проведенные анатомические исследования свидетельствуют о том, что данная траектория не является оптимальной и несет в себе риск повреждения позвоночных и внутренних сонных артерий [10]. По данным одних авторов, необходимо придавать краниальную девиацию до 20°, медиальную – до 15° [21]. Другие авторы считают наиболее безопасным медиально-каудальное направление [10]. В ряде случаев конвергенция боковых масс  $C_1$  является достаточно выраженной, вследствие чего отклонение траектории более чем на 10 мм латеральнее средней линии увеличивает риск повреждения позвоночной артерии [34]. При введении винта в  $C_1$  наиболее частым осложнением является кровотечение из венозного сплетения (синуса) в области корешка  $C_2$ , которое может достигать 1000 мл и более [31, 36]. В качестве метода профилактики предлагается отведение корешка  $C_2$  вместе со сплетением посредством использования валика из костного воска и гемостатической губки [31]. Другим методом профилактики кровотечения является введение винта через заднюю дугу  $C_1$ . Однако данная методика применима лишь у небольшого числа пациентов. При этом в большинстве случаев возможно введение винта через предварительно резецированный участок задней дуги  $C_1$  [14, 24, 41]. Некоторые авторы для профилактики кровотечения предлагают пренебречь целостностью  $C_2$  корешка, так как при его повреждениях не возникало существенных неврологических расстройств [36]. По данным Conroy et al. [6], в ряде случаев при введении винтов в  $C_1$  в послеоперационном периоде возникала невралгия, обусловленная раздражением корешка  $C_2$ . В связи с этим на винтах для  $C_1$  предусмотрена гладкая площадка длиной 8 мм в области головки, что предотвращает возможное раздражение нервного корешка. Клинические наблюдения установленных в боковые массы  $C_1$  винтов свидетельствуют о низком уровне осложнений при данном способе введения, причем данная методика обеспечивает высокие редуцирующие возможности [2, 17].

Точка введения винта в *pars articularis*  $C_2$  располагается на 2–3 мм выше нижней суставной поверхности  $C_2$  и на 2–3 мм латеральнее границы дуги и суставной части. Траектория введения соответствует 20–30° краниально и 20–30° медиально [18]. По данным анатомических иссле-



**Рис. 5**

Схема и интраоперационное фото задней фиксации  $C_0$ - $C_2$  с интерламинарно введенными винтами и перекрестно установленными стержнями (схема создана в лаборатории информационных технологий в травматологии и ортопедии РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова)



**Рис. 6**

Внешний вид пациентки М., 24 лет, с повреждением поперечной связки атланта, через 6 мес. после фиксации  $C_1$ - $C_2$  по Harms: ротация в шейном отделе сочетается с флекссионным компонентом (движения происходят за счет субаксиальных сегментов)

дований, в ряде случаев допустима более медиальная траектория [28, 34]. Выбор более латеральной и менее краниально направленной девиации несет потенциальный риск повреждения позвоночной артерии [28].

Транспедикулярное введение винта предусматривает выбор точки введения в медиально-верхнем квадранте перешейка  $C_2$ . Траектория введения предполагает отклонение медиально на  $15\text{--}20^\circ$  и краниально на  $10^\circ$  [27, 35]. Следует отметить, что в 20 % случаев транспедикулярное введение винтов в  $C_2$  сопряжено с высоким риском повреждения позвоночной артерии [3, 13, 30, 38].

Предложенная в 2004 г. Wright [40] трансламинарная (интерламинарная) техника введения винтов в  $C_2$  показала высокую эффективность и надежность. Согласно биомеханическим исследованиям, данная фиксация по жесткости не уступает транспедикулярной [5, 20], даже при удалении 50 % кортикальной пластины дуги  $C_2$  [20]. При этом технически интерламинарный способ введения винта более прост и особенно хорош в детском возрасте [3, 7, 11, 26, 30, 38, 39]. По данным клинических наблюдений, формирование спондилодеза при применении интерламинарной фиксации в  $C_2$  достигает 97,6 % [9]. На основании морфометрической оценки дуг  $C_2$  установлено, что наиболее безопасная зона введения винта интерлами-

нарно располагается на расстоянии 5–6 мм от внутренней поверхности дуги по средней линии. Траектория введения соответствует  $50^\circ$  в аксиальной плоскости. При этом оптимальная длина винта составляет 20–22 мм [42]. Данных о повреждениях невралгических структур и позвоночных артерий при трансламинарном способе введения винтов в  $C_2$  в литературе обнаружить не удалось.

Согласно проведенным биомеханическим исследованиям *in vitro*, краниоцервикальная фиксация  $C_0\text{--}C_2$  трансламинарно, с применением перекрестно установленных стержней, является высоконадежным методом стабилизации. Однако авторы данного исследования склонны считать, что их анализ не является исчерпывающим из-за отсутствия изучения влияния мышечного компонента [13]. Наш клинический опыт окципитоцервикальной фиксации  $C_0\text{--}C_2$  с перекрестно установленными стержнями ограничивается наблюдением четырех пациентов в срок от 3 мес. до 1 года. Нестабильности в послеоперационном периоде ни у кого из них не обнаружили. При этом у трех пациентов наблюдали формирование спондилодеза, подтвержденного рентгенологически. Следует отметить, что описания клинических наблюдений с подобным вариантом фиксации в литературе не найдено. Эти обстоятельства дают право авторам данной публи-

кации считать свой опыт первым успешным клиническим применением краниоцервикальной фиксации  $C_0\text{--}C_2$  с интерламинарно введенными винтами и перекрестно установленными стержнями.

## Заключение

На основании анализа литературных данных и собственного опыта считаем важным выделить следующие ключевые моменты:

- винтовая фиксация является самым надежным методом стабилизации краниоцервикального перехода;
- наиболее сложной является установка винтов в  $C_2$ , при этом интерламинарный способ введения является наименее опасным;
- введение винтов в  $C_1$  может осуществляться тремя способами (через заднюю дугу, с частичной ее резекцией, под дугой), в зависимости от размеров задней дуги;
- в случаях сложного моделирования стержней (при интерламинарно установленных винтах в  $C_2$ ) возможна их перекрестная установка;
- выполнение винтовой фиксации требует тщательного предоперационного планирования, включающего (в зависимости от потребности) выполнение рентгенографии, МСКТ, КТА, МРТ.

## Литература

1. Benke MT, O'Brien JR, Turner AW, et al. Biomechanical comparison of transpedicular versus intralaminar C2 fixation in C2–C6 subaxial constructs. *Spine*. 2010;36:E33–E37. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181eeae62.
2. Bransford RJ, Freeborn MA, Russo AJ, et al. Accuracy and complications associated with posterior C1 screw fixation techniques: a radiographic and clinical assessment. *Spine J*. 2012;12:231–238. doi: 10.1016/j.spinee.2012.02.011.
3. Bransford RJ, Russo AJ, Freeborn M, et al. Posterior C2 instrumentation: accuracy and complications associated with four techniques. *Spine*. 2011;36:E936–E943. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181fdaf06.
4. Chang-Wei L, Wei L, Zhen-Sheng M, et al. Posterior rotating rod reduction strategy for irreducible atlantoaxial subluxations with congenital odontoid aplasia. *Spine*. 2010;35:2064–2070. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181ce1758.
5. Claybrooks R, Kavania M, Milks R, et al. Atlantoaxial fusion: a biomechanical analysis of two C1–C2 fusion techniques. *Spine J*. 2007;7: 682–688.
6. Conroy E, Laing A, Kenneally R, et al. C1 lateral mass screw-induced occipital neuralgia: a report of two cases. *Eur Spine J*. 2010;19: 474–476. doi: 10.1007/s00586-009-1178-3.
7. Cristante AF, Torelli AG, Kohlmann RB, et al. Feasibility of intralaminar, lateral mass, or pedicle axis vertebra screws in children under 10 years of age: a tomographic study. *Neurosurgery*. 2012; 70: 835–839. doi: 10.1227/NEU.0b013e3182367417.
8. Deutsch H, Haid RW, Rodts GE Jr, et al. Occipitocervical fixation: long-term results. *Spine*. 2005;30: 530–535.
9. Dorward IG, Wright NM. Seven years of experience with C2 translaminar screw fixation: clinical series and review of the literature. *Neurosurgery*. 2011;68: 1491–1499. doi: 10.1227/NEU.0b013e318212a4d7.
10. Estillore RP, Buchowski JM, Minh do V, et al. Risk of internal carotid artery injury during C1 screw placement: analysis of 160 computed tomography

- angiograms. *Spine J.* 2011;11:316–323. doi: 10.1016/j.spinee.2011.03.009.
11. **Ferri-de-Barros F, Little DG, Bridge C, et al.** Atlantoaxial and craniocervical arthrodesis in children: a tomographic study comparing suitability of C2 pedicles and C2 laminae for screw fixation. *Spine.* 2010;35:291–293. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181afea7d.
  12. **Finn MA, Bishop FS, Dailey AT.** Surgical treatment of occipitocervical instability. *Neurosurgery.* 2008;63:961–969. doi: 10.1227/01.NEU.0000312706.47944.35.
  13. **Gabriel JP, Muzumdar AM, Khalil S, et al.** A novel crossed rod configuration incorporating translaminar screws for occipitocervical internal fixation: an in vitro biomechanical study. *Spine J.* 2011;11:30–35. doi: 10.1016/j.spinee.2010.09.013.
  14. **Gebauer M, Barvencik F, Briem D, et al.** Evaluation of anatomic landmarks and safe zones for screw placement in the atlas via the posterior arch. *Eur Spine J.* 2010;19:85–90. doi: 10.1007/s00586-009-1181-8.
  15. **Goel A, Desai KI, Muzumdar DP.** Atlantoaxial fixation using plate and screw method: a report of 160 treated patients. *Neurosurgery.* 2002;51:1351-1357.
  16. **Gorek J, Acaroglu E, Berven S, et al.** Constructs incorporating intralaminar C2 screws provide rigid stability for atlantoaxial fixation. *Spine.* 2005;30:1513–1518.
  17. **Gunnarsson T, Massicotte EM, Govender PV, et al.** The use of C1 lateral mass screws in complex cervical spine surgery: indications, techniques, and outcome in a prospective consecutive series of 25 cases. *J Spinal Disord Tech.* 2007;20:308–316.
  18. **Harms J, Melcher RP.** Posterior C1–C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation. *Spine.* 2001;26:2467–2471.
  19. **Helgeson MD, Lehman RA Jr, Sasso RC, et al.** Biomechanical analysis of occipitocervical stability afforded by three fixation techniques. *Spine J.* 2011;11:245–250. doi: 10.1016/j.spinee.2011.01.021.
  20. **Hong JT, Takigawa T, Udayakumar R, et al.** Biomechanical effect of the C2 laminar decortication on the stability of C2 intralaminar screw construct and biomechanical comparison of C2 intralaminar screw and C2 pars screw. *Neurosurgery.* 2011;69:ons1–ons7. doi: 10.1227/NEU.0b013e3182155657.
  21. **Hong X, Dong Y, Yunbing C, et al.** Posterior screw placement on the lateral mass of atlas: an anatomic study. *Spine.* 2004;29:500–503.
  22. **Jandial R, Kelly B, Bucklen B, et al.** Axial spondylectomy and circumferential reconstruction via a posterior approach. *Neurosurgery.* 2013;72:300–309. doi: 10.1227/NEU.0b013e31827b9d38.
  23. **Kwan MK, Chan CY, Kwan TC, et al.** Safety issues and neurological improvement following C1–C2 fusion using C1 lateral mass and C2 pedicle screw in atlantoaxial instability. *Malaysian Orthop J.* 2010;4:17–22. doi: 10.5704/MOJ.1007.003
  24. **Lee MJ, Cassinelli E, Riew KD.** The feasibility of inserting atlas lateral mass screws via the posterior arch. *Spine.* 2006;31:2798–2801.
  25. **Ma W, Feng L, Xu R, et al.** Clinical application of C2 laminar screw technique. *Eur Spine J.* 2010;19:1312–1317. doi: 10.1007/s00586-010-1447-1.
  26. **Meng XZ, Xu JX.** The options of C2 fixation for os odontoideum: a radiographic study for the C2 pedicle and lamina anatomy. *Eur Spine J.* 2011;20:1921–1927. doi: 10.1007/s00586-011-1893-4.
  27. **Mueller CA, Roesseler L, Podloqar M, et al.** Accuracy and complications of transpedicular C2 screw placement without the use of spinal navigation. *Eur Spine J.* 2010;19:809–814. doi: 10.1007/s00586-010-1291-3.
  28. **Neo M, Sakamoto T, Fujibayashi S, et al.** A safe screw trajectory for atlantoaxial transarticular fixation achieved using an aiming device. *Spine.* 2005;30:E236–E242.
  29. **Ni B, Guo X, Xie N, et al.** Bilateral atlantoaxial transarticular screws and atlas laminar hooks fixation for pediatric atlantoaxial instability. *Spine.* 2010;35:E1367–E1372. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181e8ee87.
  30. **O'Brien JR, Gokasian ZL, Riley LH 3rd, et al.** Open reduction of C1–C2 subluxation with the use of C1 lateral mass and C2 translaminar screws. *Neurosurgery.* 2008;63:ONS97–ONS101. doi: 10.1227/01.neu.0000335021.14112.2e.
  31. **Pan J, Li L, Qian L, et al.** C1 lateral mass screw insertion with protection of C1–C2 venous sinus: technical note and review of the literature. *Spine.* 2010;35:E1133–E1136. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181e215ff.
  32. **Peng X, Chen L, Wan Y, et al.** Treatment of primary basilar invagination by cervical traction and posterior instrumented reduction together with occipitocervical fusion. *Spine.* 2011;36:1528–1531. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181f804ff.
  33. **Samartzis D, Shen FH, Herman J, et al.** Atlantoaxial rotatory fixation in the setting of associated congenital malformations: a modified classification system. *Spine.* 2010;35:E119–E127. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181c9f957.
  34. **Schulz R, Macchiavello N, Fernandez E, et al.** Harms C1–C2 instrumentation technique anatomically and biomechanically compared with a posterior surgical guide. *Spine.* 2011;36:945–950. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181e887df.
  35. **Sim HB, Lee JW, Park JT, et al.** Biomechanical evaluations of various C1–C2 posterior fixation techniques. *Spine.* 2011;36:E401–E407. doi: 10.1097/BRS.0b013e31820611ba.
  36. **Squires J, Molinari RW.** C1 lateral mass screw placement with intentional sacrifice of the C2 ganglion: functional outcomes and morbidity in elderly patients. *Eur Spine J.* 2010;19:1318–1324. doi: 10.1007/s00586-010-1452-4.
  37. **Takigawa T, Simon P, Espinoza Orias AA, et al.** Biomechanical comparison of occiput-C1–C2 fixation techniques: C0–C1 transarticular screw and direct occiput condyle screw. *Spine.* 2012;37:E696–E701. doi: 10.1097/BRS.0b013e3182436669.
  38. **Wang S, Wang C, Leng H, et al.** Cable-strengthened C2 pedicle screw fixation in the treatment of congenital C2–C3 fusion, atlas occipitalization, and atlantoaxial dislocation. *Neurosurgery.* 2012;71:976–984. doi: 10.1227/NEU.0b013e31826cdd3b.
  39. **Wang S, Wang C, Passias PG, et al.** Pedicle versus laminar screws: what provides more suitable C2 fixation in congenital C2–C3 fusion patients? *Eur Spine J.* 2010;19:1306–1311. doi: 10.1007/s00586-010-1418-6.
  40. **Wright NM.** Posterior C2 fixation using bilateral, crossing C2 laminar screws: case series and technical note. *J Spinal Disord Tech.* 2004;17:158–162.
  41. **Yeom JS, Kaffle D, Nguyen NQ, et al.** Routine insertion of the lateral mass screw via the posterior arch for C1 fixation: feasibility and related complications. *Spine J.* 2012;12:476–483. doi: 10.1016/j.spinee.2012.06.010.
  42. **Yue B, Kwak DS, Kim MK, et al.** Morphometric trajectory analysis for the C2 crossing laminar screw technique. *Eur Spine J.* 2010;19:828–832. doi: 10.1007/s00586-010-1331-z.
  43. **Yuksel KZ, Crawford NR, Melton MS, et al.** Augmentation of occipitocervical contoured rod fixation with C1–C2 transarticular screws. *Spine J.* 2007;7:180–187.

**Адрес для переписки:**

Губин Александр Вадимович  
640014, Курган, ул. Ульяновой, 6,  
РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова»,  
Alexander@gubin.spb.ru

Статья поступила в редакцию 17.12.2013

Александр Вадимович Губин, д-р мед. наук; Александр Владимирович Бурцев, канд. мед. наук, Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова, Курган.

Aleksandr Vadimovich Gubin, MD, DMSc; Aleksandr Vladimirovich Burtsev, MD, PhD, Russian Research Center of Reparative Traumatology and Orthopaedics n.a. acad. G.A. Ilizarov, Kurgan.