

## Оригинальная статья = Original article

УДК 617-089.844:617-3:616-001.516:616-001.513

Ольхов В.М., Горбатюк К.И., Лемешов А.С.

### Эффективность метода стабилизации сегмента C<sub>1</sub>-C<sub>II</sub> по Harms при переломах зуба осевого позвонка II типа

Кафедра нервных болезней с курсом нейрохирургии, Винницкий национальный медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Винница, Украина

Поступила в редакцию 19.02.15.  
Принята к публикации 12.05.15.

**Адрес для переписки:**

Горбатюк Константин Иванович,  
нейрохирургическое отделение,  
Винницкая областная  
психоневрологическая больница, ул.  
Пирогова, 109, Винница, Украина,  
21005, e-mail pbox.kos@gmail.com

**Цель.** Оценить эффективность метода стабилизации сегмента C<sub>1</sub>-C<sub>II</sub> по Harms при переломе зуба осевого позвонка II типа, качество жизни пациентов в раннем и отдаленном послеоперационном периоде.

**Материалы и методы.** Проанализированы результаты лечения 11 пациентов по поводу перелома зуба осевого шейного позвонка II типа, оперированных в отделении нейрохирургии Винницкой областной психоневрологической больницы за период 2012–2014 гг. При выполнении оперативных вмешательств использовали метод Harms.

**Результаты.** Оценивали качество жизни пациентов до и после операции с использованием визуальной аналоговой шкалы (VAS) и шкалы NDI. Спиральную компьютерную томографию (СКТ) выполняли до операции, в первые сутки и через 6 мес после нее.

До операции NDI составлял в среднем 46%, в первые сутки после операции — 28%, через 1 мес — 19%, через 6 мес — 15%, в дальнейшем NDI не изменялся.

После травмы и до выполнения оперативного вмешательства интенсивность боли по 10-балльной шкале VAS составляла в среднем 6,2 балла, сразу после операции — 6 баллов, через 1 мес — 2,2 балла, через 6 мес — 0,33 балла.

По данным СКТ во всех наблюдениях достигнуто надежное срастание зуба отростка с телом C<sub>II</sub> позвонка.

**Выводы.** Методика Harms эффективна и безопасна. Уже через 1 мес пациенты почти не ощущают боли, улучшается качество их жизни.

**Ключевые слова:** перелом зуба C<sub>II</sub> позвонка; стабилизация.

Укр. нейрохірург. журн. — 2015. — №3. — С.21-25.

Valeriy Olkhov, Kostyantyn Horbatiuk, Oleksandr Lemeshov

### The effectiveness of the method of stabilizing segment C1-C2 Harms in fractures of the odontoid process of C2 vertebra type II

Department of nerve diseases with a course neurosurgery, National Pirogov Memorial Medical University, Vinnitsa, Ukraine

Received, February 19, 2015.  
Accepted, May 12, 2015.

**Address for correspondence:**

Kostyantyn Gorbatiuk, Neurosurgical  
Department, Vinnitsa Regional  
Psychoneurological Hospital, 109  
Pirogova St., Vinnitsa, Ukraine, 21005,  
e-mail: pbox.kos@gmail.com

**Objective.** To determine the effectiveness of C2 dens fracture stabilization using Harms method, and to assess the quality of life of patients in the early and late postoperative period.

**Materials and methods.** Analyzed 11 cases of C2 dens fractures type II, which were operated in the Department of Neurosurgery Vinnitsia Regional Psychoneurological Hospital for the period 2012-2014. All operation were made using Harms method.

**Results.** Efficacy was estimated via using the VAS score and the NDI before, 1 and 6 months after surgery. Moreover we performed CT before, 1-2 day after, and 6 month after the operation.

Before surgery NDI in average was 46%, first days after the operation median - 28%. One month later, the median value of NDI is 19%. After 6 months and future NDI is not greatly changed (average 15%).

VAS before operation was 6.2. First days after operation median score was 6. This score was being reduced to 2.2 after one month and progressively to 0.33 after 6 months.

CT performing first days after operation were needed to confirm right positioning of screws. 6 months after the operation CT were been done to all patients. It showed good bone healing in fracture line.

**Conclusions.** Harms method of C1-C2 stabilization is an effective method for surgical treatment of C2 II type fracture. Over 6 months after operation patients returns to their usual activity without pain.

**Key words:** dens C2 fracture; surgical stabilization.

Ukrainian Neurosurgical Journal. 2015;(3): 21-5.

**Введение.** Травматическое повреждение шейного отдела позвоночника и спинного мозга является тяжелой травмой, возникает в основном у пациентов трудоспособного возраста. Повреждение шейного отдела позвоночника составляет 19–22% в структуре всех травм позвоночника. Возраст пострадавших в среднем около 30 лет. Мужчины представляют

группу риска по заболеваемости и смертности от спинальной травмы во всех возрастных группах [1]. В Украине каждый год более чем у 2500 пострадавших возникает травма спинного мозга, 87% из них — трудоспособного возраста [2]. Ежегодно перелом позвоночника отмечают с частотой от 19 до 88 на 100 000 населения, травматическое повреждение

спинного мозга — от 14 до 53 на 1 млн населения [3]. Инвалидность устанавливают 50% пострадавших при осложненной спинальной травме [2, 4]. Основными причинами позвоночно-спинномозговой травмы являются дорожно-транспортное происшествие (ДТП) и падение с высоты [5].

Особо сложной является краниовертебральная травма, в частности, перелом зуба второго шейного позвонка и повреждение его связочного аппарата [6]. Перелом  $C_{II}$  позвонка составляет около 20% переломов в области шейного отдела позвоночника, из них перелом зуба  $C_{II}$  возникает наиболее часто (до 59% наблюдений) и составляет 1–2% всех повреждений позвоночника. У 16–25% пострадавших он осложняется повреждением спинного мозга, у 5,5–11,1% — обуславливает летальный исход [6, 7].

По классификации Anderson–Alonzo, различают три типа переломов  $C_{II}$  позвонка.

I тип — отрыв (косой перелом) верхушки зуба в месте прикрепления крыловидной связки;

II тип — линия излома проходит по «тали» зуба;

III тип — линия излома распространяется в тело осевого позвонка с переходом на верхнюю суставную фасетку [8].

Лечение пострадавших по поводу перелома  $C_{II}$  I и III типа консервативное, предусматривает иммобилизацию краниовертебрального перехода, одевание жесткого воротника или установку Halo-аппарата. При переломе II типа показано хирургическое лечение, поскольку срастание отломка зуба с телом  $C_{II}$  позвонка консервативным путем практически невозможно.

При значительном смещении зуба осевого позвонка в сторону спинного мозга часто наблюдают летальный исход вследствие восходящего отека спинного мозга и поражения бульбарных отделов ствола головного мозга [9].

Основными клиническими проявлениями перелома зуба  $C_{II}$  позвонка являются: цервикалгия с выраженным ограничением движения в шейном отделе позвоночника, головокружение, нарушение равновесия, парестезия, преходящее чувство онемения в верхних и нижних конечностях, иногда легкий тетрапарез. Часто отмечают вынужденное положение головы в виде ее поворота в сторону, противоположную дислокации отломка зуба осевого позвонка [10]. При отсутствии смещения зуба симптомы, свидетельствующие о наличии перелома, нечетко выражены. Поэтому почти у 50% пострадавших такие переломы не диагностируют в остром периоде [11].

Хирургическое лечение больных по поводу перелома зуба  $C_{II}$  позвонка предусматривает надежную стабилизацию сегмента, восстановление формы позвоночного канала, и, при необходимости, полноценную декомпрессию нервных структур.

Одной из задач хирургического лечения перелома зуба  $C_{II}$  позвонка является максимально возможное сохранение биомеханики верхнешейного отдела позвоночника. По данным литературы, объем сгибательно-разгибательных движений в сегменте  $C_0$ – $C_I$  составляет от 20 до 30%, в сегменте  $C_I$ – $C_{II}$  — до 10%; поворота головы и шеи в стороны в сегменте  $C_I$ – $C_{II}$  — от 30 до 50%, в  $C_0$ – $C_I$  — до 10% общего объема движений шей. Таким образом, при блокировке сегмента  $C_I$ – $C_{II}$  значительное ограничение движений не наблюдают [12].

В настоящее время существуют два основных направления лечения перелома зуба  $C_{II}$  позвонка:

репозиция с жесткой наружной фиксацией с применением Halo-аппарата в течение 5–6 мес и оперативные методы. Метод Halo-фиксации обеспечивает уникальные возможности трехплоскостной коррекции травмированных сегментов и длительного удержания достигнутого эффекта до консолидации отломков, однако он не лишен многих недостатков, обусловленных необходимостью длительного ношения аппарата.

#### **Хирургические методы**

**Задний трансартикулярный атлантаксиальный спондилодез по Magerl.** Применение задней трансартикулярной атлантаксиальной винтовой фиксации, разработанной Magerl, обеспечивает более жесткую фиксацию блокируемых сегментов [13] и более высокую частоту образования костного блока, чем после обычного дорзального спондилодеза с фиксацией проволокой. В то же время, имеется потенциальный риск повреждения позвоночной артерии. Во время операции идентифицируют каудальный край дуги и медиальную сторону сочленения  $C_I$ – $C_{II}$ . Из каудального края дуги  $C_{II}$  кусачками удаляют маленький кусочек для установки сверла дрели. Ориентируясь на медиальную и боковую стороны сочленения  $C_I$ – $C_{II}$ , сверло (проволочный проводник диаметром 2 мм) вводят в сагиттальной плоскости снизу вверх под углом 25° и медиально под углом 25° через нижнюю суставную фасетку и далее, по заднему краю суставного отростка, в боковую массу атланта. Безопаснее ошибиться в медиальном направлении, ошибка в латеральном направлении чревата повреждением позвоночной артерии. Спинной мозг медиально защищен, поскольку сочленение  $C_I$ – $C_{II}$  лежит в вентральной части позвоночного канала. Когда сверло идентифицируют внутри сочленения  $C_I$ – $C_{II}$ , его медленно продвигают вперед в боковую массу  $C_I$ . Положение кончика сверла постоянно контролируют по данным рентгеноскопии. Затем вводят винт диаметром 3,5–4 мм, длиной до 40 мм. Если при попытке введения первого винта возникло повреждение позвоночной артерии, метод не применяют.

#### **Передний остеосинтез зуба $C_{II}$ винтом.**

Передний остеосинтез при переломе зуба осевого позвонка винтом после репозиции обеспечивает его стабильную фиксацию, не ограничивая движений в атлантаксиальном сочленении. Передняя винтовая фиксация зуба возможна, если перелом относительно поперечный, нераздробленный и вправимый. Этот метод в литературе считают надежным способом лечения переломов зуба осевого позвонка. Однако существуют противоречия в отношении отбора больных для оперативного лечения: следует ли использовать метод при наличии несросшихся переломах, ложных суставов, нестабильных переломах, сопровождающихся разрывом поперечной связки, а также сколько винтов (один или два) применять при остеосинтезе зуба [14].

**Методика фиксации  $C_I$ – $C_{II}$  сегмента по Harms.** Операцию выполняют в положении пациента лежа на животе, голову фиксируют скобой Mayfield. Осуществляют задне-срединный доступ к верхнешейному отделу позвоночника. Производят разрез мягких тканей в шейно-затылочной области по заднесрединной линии на 2–3 см ниже наружного затылочного выступа до остистых отростков  $C_{III}$ – $C_{IV}$  позвонков. Выполняют диссекцию, обнажают нижнюю часть затылочной кости, заднюю дугу атланта, остистого отростка и дуги  $C_{II}$  позвонка. В боковой массе  $C_I$  позвонка, над корешком  $C_{II}$  проводят полиаксиальные винты под углом 10–15° внутрь и парал-

лельно  $C_1$ – $C_{II}$  суставной линии под контролем рентгеновского аппарата. Транспедикулярно проводят полиаскиальные винты в тело  $C_{II}$  позвонка под углом 35–40° внутрь и краниально, при этом диссектором Пенфилда контролируют медиальную стенку ножки  $C_{II}$ . Вводят винты шириной 3,5–4 мм, стараясь провести их бикортикально. В  $C_I$ , как правило, длина винтов составляет 28–34 мм, в  $C_{II}$  — 24–28 мм. Проведение винтов интраоперационно контролируют с помощью рентгеновского аппарата [15–18].

Из-за отсутствия оригинальных, зарегистрированных в Украине, систем передней стабилизации перелома зуба  $C_{II}$  позвонка с применением моновинта, а также повышенного риска травматизации позвоночной артерии при использовании методики Magerl мы применили метод **Harms**.

**Цель исследования.** Оценить эффективность метода стабилизации сегмента  $C_1$ – $C_{II}$  по **Harms** при переломах зуба  $C_{II}$  позвонка II типа и качество жизни пациентов в раннем и отдаленном послеоперационном периоде.

**Материалы и методы исследования.** Проанализированы результаты лечения 11 пострадавших с переломом зуба  $C_{II}$  шейного позвонка II типа, оперированных в отделении нейрохирургии Винницкой областной психоневрологической больницы за период 2012–2014 гг.

Чаще перелом зуба  $C_{II}$  выявляли у мужчин (8), чем у женщин (3), в возрасте от 19 до 73 лет. У 7 пациентов травма возникла вследствие ДТП, у 3 — падения с высоты, у 1 — во время ныряния на мелководье. 36% пострадавших были в состоянии алкогольного опьянения.

У 2 пациентов при травме позвоночника вследствие ДТП перелом зуба  $C_{II}$  сочетался с переломом суставного отростка  $C_V$  — у 1, тела  $T_{VI}$  позвонка (тип А.3.1 по Magerl) — у 1. Перелом  $T_{VI}$  стабилизировали транспедикулярной системой после стабилизации  $C_1$ – $C_{II}$  сегмента.

У всех пострадавших нарушение функции спинного мозга не отмечено. Пациенты жаловались на боль в шее разной интенсивности, ограничение подвижности головы, 4 — ее вынужденное положение.

Стандартом диагностики при переломе  $C_{II}$  позвонка была СКТ.

Длительность периода от травмы до выполнения операции от 3 до 70 сут (в среднем 14 сут). Причины несвоевременного выполнения операции разные: позднее обращение за медицинской помощью в отсутствие выраженных симптомов, лечение в течение длительного времени консервативными методами. В 3 наблюдениях перелом  $C_{II}$  не диагностирован, только через 2 нед (в 2) и 2,5 мес (в 1) после травмы в связи

с сохраняющимся болевым синдромом пациентов направляли для проведения СКТ шейного отдела позвоночника.

Операцию выполняли под эндотрахеальным наркозом, в соответствии с методикой **Harms**, во время вмешательства осуществляли тщательный гемостаз. Во всех наблюдениях как во время, так и после операции осложнений не было. Операционная рана у всех пострадавших зажила первичным натяжением, швы сняты на 10-е сутки. Все пациенты выписаны в удовлетворительном состоянии. Продолжительность лечения в стационаре в среднем 11 дней.

Фиксирующий воротник после операции не использовали.

**Результаты и их обсуждение.** Эффективность хирургического лечения оценивали по данным СКТ в 1–2 сутки после операции и через 6 мес после выписки пациента.

Качество жизни пострадавших до и после операции оценивали с использованием шкалы VAS и NDI (Neck Disability Index). Пациентам при определении NDI предлагали оценить определенные критерии, которые могут существенно повлиять на качество жизни: интенсивность боли, возможность самостоятельно поддерживать личную гигиену, способность поднимать предметы, читать, тяжесть головной боли, возможность концентрироваться, также задавали вопросы об изменении способности работать, спать, полноценно отдыхать, управлять автомобилем и т.п. NDI рассчитывали в процентах (0% — абсолютная полноценность, 100% — глубокая инвалидность).

До операции NDI составлял от 15 до 96% (в среднем 46%), в первые сутки после операции — от 8 до 51% (в среднем 28%), через 1 мес — от 0 до 47% (в среднем 19%), через 6 мес — от 0 до 42% (в среднем 15%), в дальнейшем практически не изменялся (**табл. 1**).

Следовательно, после операции качество жизни пострадавших существенно улучшилось уже через 1 мес.

Также изучена интенсивность боли у пациентов до и после операции. После травмы и до выполнения операции интенсивность боли по 10-балльной шкале VAS составляла от 2 до 10 баллов, в среднем 6,2 балла, сразу после хирургического вмешательства — от 1 до 8 баллов, в среднем 6 баллов, через 1 мес — от 0 до 6 баллов, в среднем 2,2 балла, через 6 мес — от 0 до 3 баллов, в среднем 0,33 балла (**табл. 2**).

Таким образом, все пациенты уже через 1 мес после операции чувствовали себя значительно лучше, а через 6 мес боль практически у всех оперированных по методу **Harms** исчезла.

**Таблица 1.** Исследование показателя NDI до и после операции

Пострадавший	NDI, %				
	до операции	сразу после операции	через 1 мес	через 6 мес	на момент опроса
1	16	20	4	4	4
2	20	9	0	0	0
3	74	28	18	*	*
4	60	42	42	42	42
5	47	51	47	31	31
6	18	16	14	12	10
7	22	20	20	20	20
8	87	36	15	10	10
9	43	37	23	8	8
10	48	23	20	*	*
11	72	35	12	10	10

Примечание. \* — на момент исследования не прошло 6 мес после операции. То же в табл. 2.

**Таблица 2.** Исследование показателя VAS до и после операции

Пострадавший	VAS, баллов				
	до операции	сразу после операции	через 1 мес	через 6 мес	на момент опроса
1	2	8	0	0	0
2	2	3	0	0	0
3	10	8	5	*	*
4	5	1	0	0	0
5	8	7	5	2	1
6	8	7	6	0	0
7	9	7	6	0	0
8	8	5	3	1	0
9	8	4	3	1	0
10	10	5	3	*	*
11	10	6	3	1	0

Следует отметить, что через 6 мес после операции повороты головы практически не были ограничены. Состояние пациентов позволяло заниматься тяжелой физической работой, спортом, самостоятельно поддерживать личную гигиену, водить автомобиль и т.п. У всех обследованных возникали болевые ощущения в краниовертебральном переходе в крайних положениях при поворотах головы (по VAS в среднем 1,7 балла).

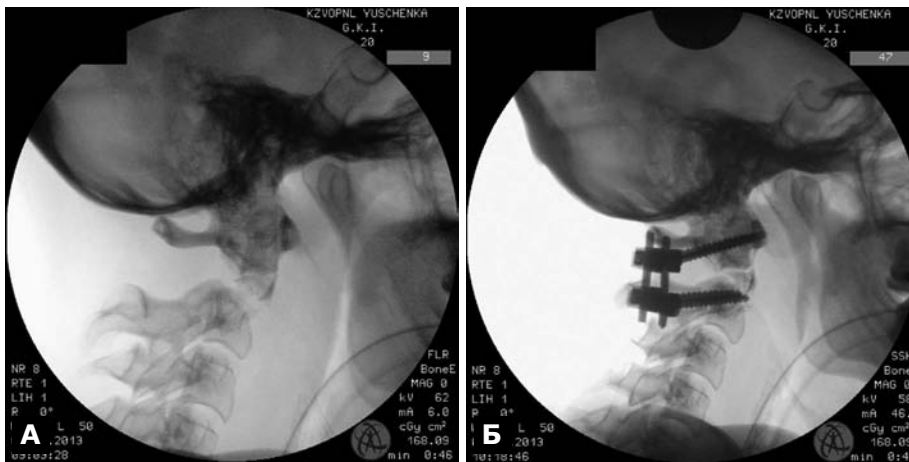
По данным СКТ через 6 мес после операции достигнуто надежное сращение зуба с телом C<sub>11</sub> позвонка во всех наблюдениях.

Приводим рентгенограммы и контрольные томограммы пациента при переломе зуба C<sub>11</sub> позвонка, оперированного по методу Harms (рис. 1, 2).

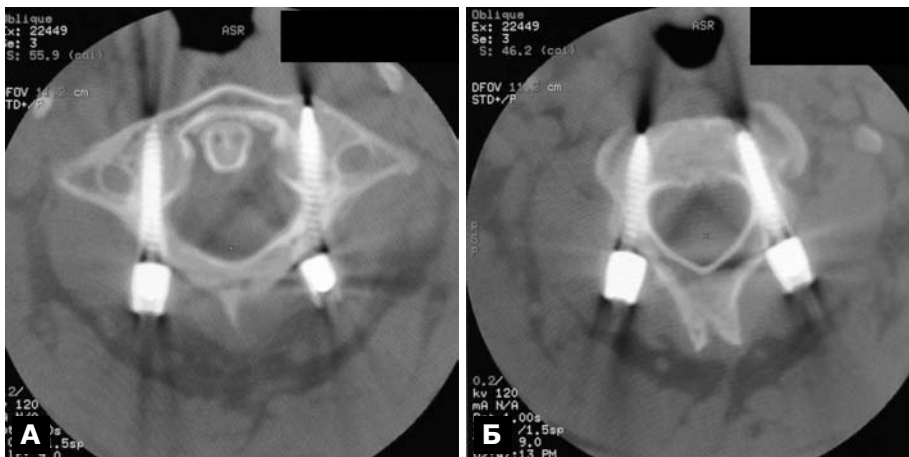
**Выводы.** 1. Перелом зуба C<sub>11</sub> позвонка II типа опасен для жизни без адекватного лечения.

2. При первичном обращении, на вторичном уровне оказания медицинской помощи недостаточно внимания уделяют диагностике краниовертебральных повреждений.

3. В 63,6% наблюдений перелом зуба C<sub>11</sub> позвонка возник вследствие ДТП в 36% пострадавших были в состоянии алкогольного опьянения.



**Рис. 1.** Рентгенография. Перелом зуба C<sub>11</sub> позвонка. А — до операции; Б — после стабилизации сегмента C<sub>1</sub>-C<sub>11</sub> по Harms.



**Рис. 2.** СКТ. Перелом зуба C<sub>11</sub> позвонка. После стабилизации сегмента C<sub>1</sub>-C<sub>11</sub> по Harms. Полиаскильные винты в теле позвонка: А — C<sub>1</sub>; Б — C<sub>11</sub>.

4. Консервативные методы лечения значительно ухудшают качество жизни пострадавших в течение длительного периода фиксации шейного отдела позвоночника.

5. Метод хирургической стабилизации сегмента C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub> при переломе зуба C<sub>1</sub> позвонка по **Harms** является эффективным и безопасным. Уже через 1 мес после операции боль практически исчезает, через 6 мес у пациентов отмечают полную социальную адаптацию, качество жизни практически соответствует таковому до травмы.

### Список литературы

1. Treatment modality in type II odontoid fractures defines the outcome in elderly patients / M.J. Scheyerer, S.M. Zimmermann, H.-P. Simmen, G.A. Wanner, C.M. Werner // *BMC Surgery*. — 2013. — N9. — P.13-54.
2. Повреждения позвоночника и спинного мозга (механизмы, клиника, диагностика, лечение); под ред. Н.Е. Полищука, Н.А. Коржа, В.Я. Фищенко, Е.И. Слынько. — К.: Книга плюс, 2001. — 387 с.
3. Epidemiology and Predictors of Spinal Injury in Adult and Major Trauma Patients: European Cohort Study / R.M. Hasler, A.K. Exadaktylos, O. Bouamra, L.M. Benneker, L.M. Benneker, M. Clancy, R. Sieber, H. Zimmermann, F. Lecky // *Eur. Spine J.* — 2011. — V.20, N12. — P.2174-2180.
4. Spinal Cord Medicine: Principles and Practice; ed. by W.L. Vernon. — N.Y.: Demos, 2003. — P.107-153.
5. Тахар М. Возможности лучевых методов диагностики травматических повреждений шейного отдела позвоночника / М. Тахар // *Международ. мед. журн.* — 2009. — Т.15, №2. — С.133-136.
6. Дуплексное сканирование при подвывихе атланта у детей / Р.Я. Абдуллаев, М. Тахар, Ю.А. Коломийченко, М.А. Григорук // *Международ. мед. журн.* — 2011. — Т.17, №2. — С.95-97.
7. A fatal iatrogenic right vertebral injury after transoral odontoidectomy and posterior cervical stabilization for a type II odontoid fracture / E. Scalici, F. Indorato, F. Portelli, T. Savi, E. Maresi, F.P. Busardo // *J. Forensic. Leg. Med.* — 2014. — N22. — P.41-44.
8. Treatment of C2 body fracture with unusual distractive and rotational components resulting in gross instability / D. Lau, S.S. Shin, R. Patel, P. Park // *World. J. Orthop.* — 2013. — V.18, N4. — P.323-326.
9. Мещеряков И.В. Клинические проявления неконсолидированного перелома зубовидного отростка II шейного позвонка (без смещения) // *Мануальная терапия: научн.-практ. журн.* — 2013. — №2. — С.41-47.
10. Спинальная ангионеврология: руководство для врачей / А.А. Скромеч, А.П. Скромеч, Т.А. Скромеч, Т.П. Тиссен. — М.: МЕДпресс-информ, 2003. — 608 с.
11. Traumatic atlantoaxial distraction injury: a case report / E.A. Carroll, B. Gordon, C.A. Sweeney, S. Joy, P.J. Connolly // *Spine*. — 2001. — V.26, N4. — P.454-457.
12. Dickman C.A. Posterior C1-C2 transarticular screw fixation for atlantoaxial arthrodesis / C.A. Dickman, V.K. Sonntag // *Neurosurgery*. — 1998. — V.43, N2. — P.275-281.
13. Aebi M. Fractures of the odontoid process: treatment with anterior screw fixation / M. Aebi, C. Etter, M. Coscia // *Spine*. — 1989. — V.14, N10. — P.1065-1070.
14. Пат. 2511485 РФ, МПК А61В17/56. Способ заднего спондилодеза при травматических повреждениях верхнешейного отдела позвоночника / С.П. Бажанов, Д.А. Гуляев, И.А. Норкин, В.В. Островский, Н.А. Примак; заявитель и патентообладатель ФГБУ «СарНИИТО» Минздрава России. — заявл. 28.03.13. опубл. 10.04.14.
15. Harms J. Posterior C1-C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation / J. Harms, R.P. Melcher // *Spine (Phila Pa 1976)*. — 2001. — V.26, N22. — P.2467-2471.
16. Unstable odontoid fracture: surgical strategy in a 22-case series, and literature review / C. Steltzlen, J.Y. Lazennec, Y. Catonne, M.A. Rousseau // *Orthop. Traumatol. Surg. Res.* — 2013. — V.99, N5. — P.615-623.
17. Current concepts in the treatment of Anderson Type II odontoid fractures in the elderly in Germany, Austria and Switzerland / L. Lohrer, M.J. Raschke, D. Thiesen, R. Hartensuer, C. Surke, S. Ochman, T. Vordemvenne // *Injury*. — 2011. — V.43, N4. — P.462-469.
18. Scheyerer MJ, Zimmermann SM, Simmen H-P, Wanner GA, Werner CM. Treatment modality in type II odontoid fractures defines the outcome in elderly patients. *BMC Surgery*. 2013;9:13-54.
19. Midov MZ, Dreval' ON, Dzukaev DN, Kuznetsov AV, Zavarukhin VB. [Diagnosis and treatment of complicated subaxial injury]. *Zh Vopr Neurokhir Im NN Burdenko*. 2010;3:48-54. Russian.
20. Polishchuk NE, Korzh NA, Fishchenko VYa, Slyn'ko EI., editors. *Povrezhdeniya pozvonochnika i spinnogo mozga (mekhanizmy, klinika, diagnostika, lecheniye)* [Spine and spinal cord injuries (mechanisms, clinical features, diagnosticis, treatment)]. Kiev: Kniga-plyus; 2001. Russian.
21. Hasler RM, Exadaktylos AK, Bouamra O, Benneker LM, Benneker LM, Clancy M, Sieber R, Zimmermann H, Lecky F. Epidemiology and Predictors of Spinal Injury in Adult and Major Trauma Patients: European Cohort Study. *Eur Spine J.* — 2011;20(12):2174-2180.
22. Lin VD, editor. *Spinal Cord Medicine: Principles and Practice*. New York: Demos; 2003. p.107-153.
23. Takhar M. [Capabilities of radiodiagnosis of cervical spine injuries]. *International Medical Journal*. 2009;15(2):133-136. Russian.
24. Abdullaev RYA, Takhar M, Spuziak MI, Kolomiychenko YuA, Grigoruk MA. [Duplex scanning at atlas subluxation in children]. *International Medical Journal*. 2011;17(2):95-97. Russian.
25. Scalici E, Indorato F, Portelli F, Savi T, Maresi E, Busardo FP. A fatal iatrogenic right vertebral injury after transoral odontoidectomy and posterior cervical stabilization for a type II odontoid fracture. *J Forensic Leg Med*. 2014;22:41-44.
26. Lau D, Shin SS, Patel R, Park P. Treatment of C2 body fracture with unusual distractive and rotational components resulting in gross instability. *World J Orthop*. 2013;18(4):323-326.
27. Meshcheryakov IV. [Clinical manifestations of non-consolidated fracture of the C2 dens (without dislocation)]. *The Manual Therapy Journal*. 2013;[2]:41-47. Russian.
28. Skoromets AA, Skoromets AP, Skoromets TA, Tissen TP. *Spinalnaya angionevrologiya: rukovodstvo dlya vrachey* [Spinal Angiology: Guidelines for Physicians]. Moscow: MEDpress-inform; 2003. Russian.
29. Carroll E, Gordon B, Sweeney C, Joy S, Connolly P. Traumatic Atlantoaxial Distraction Injury. *Spine*. 2001;26(4):454-457. doi:10.1097/00007632-200102150-00026. PMID:11224897.
30. Dickman C, Sonntag V. Posterior C1-C2 Transarticular Screw Fixation for Atlantoaxial Arthrodesis. *Neurosurgery*. 1998;43(2):275-281.
31. Aebi M, Etter C, Coscia M. Fractures of the odontoid process: treatment with anterior screw fixation. *Spine*. 1989;14(10):1065-1070.
32. Bazhanov SP, Gulyaev DA, Norkin IA, Ostrovsky VV, Primak NA, inventors; FSBI Saratov Institute of Orthopedics and Traumatology, Saratov, Russian Federation, assignee. *Method of spondylolisthesis at traumatic injuries of upper cervical spine*. Russia. Patent 2511485A. 2014 April 10.
33. Harms J, Melcher R. Posterior C1-C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation. *Spine*. 2001;26(22):2467-2471.
34. Steltzlen C, Lazennec JY, Catonne Y, Rousseau MA. Unstable odontoid fracture: surgical strategy in a 22-case series, and literature review. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2013;99(5):615-623.
35. Lohrer L, Raschke MJ, Thiesen D, Hartensuer R, Surke C, Ochman S, Vordemvenne T. Current concepts in the treatment of Anderson Type II odontoid fractures in the elderly in Germany, Austria and Switzerland. *Injury*. 2011;43(4):462-469.