

**УДК 616.8-089**

Х. Мухаметжанов¹, Д.Ж. Мухаметжанов², Б.М. Карибаев¹, Ш.А. Булекбаева³, О.С. Бекарисов¹,
К.К. Кусаинова³, Н.Н. Дюсенбаев⁴

¹ РГП на ПХВ Научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии, г. Нур-Султан, Казахстан

² Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко, г. Москва, Россия

³ Национальный центр детской реабилитации Корпоративного фонда «University Medical Center», г. Нур-Султан, Казахстан

⁴ АО «Медицинский университет Астана», г. Нур-Султан, Казахстан

ИНТРАОПЕРАЦИОННЫЙ ЛУЧЕВОЙ КОНТРОЛЬ СОВРЕМЕННЫХ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ НА ПОЗВОНОЧНИКЕ

Введение. Авторами проведен ретроспективный и проспективный анализ результатов 350 операций с использованием электронно оптического преобразователя (ЭОП) и 390 операций с O arm и навигационной станцией Stealth-Station (Medtronic, USA).

Материалы и методы. 350 больным оперированным с использованием ЭОП имплантировано 1822 винта, в среднем 5,2 винта на одну операцию. Корректно были имплантированы 1705 (93,6%) винтов, некорректно - 117 (6,4%) винтов, из них допустимая или клинически незначимая мальпозиция винта отмечена 90 (4,9%), оставшиеся 27 (1,5%) некорректно установленные винты потребовали ревизионной операции. Авторы полагают, что при использовании ЭОП нулевая степень мальпозиции при установке транспедикулярных винтов наблюдалась в 93,6%, первая - в 3,3%, вторая - в 1,7% и третья - в 1,5%

Результаты. 390 больным оперированным с применением O arm имплантировано 2477 винтов, в среднем 6,3 винта во время одной операции. Корректно имплантированы 2444 (98,7%), некорректно были имплантированы 33 (1,3%) винтов, из них допустимая мальпозиция наблюдалась 25 (1%) винтов и недопустимая мальпозиция 8 (0,3%) винтов устранена во время текущей операции. Нулевая степень мальпозиции винтов наблюдалась в 98,7%, первая степень - 0,7%, вторая степень - в 0,3% и третья степень - в 0,3%.

Сравнительные исследования общего числа некорректно имплантированных винтов при операциях с применением ЭОП и O arm показали, что они чаще наблюдались при использовании ЭОП ($p < 0,001$) и недопустимой мальпозиции винтов не было при выполнении операции под O arm, так как она была своевременно диагностирована во время текущей операции и устранена.

Заключение: O-arm с навигационной станцией Stealth-Station являются наиболее современным методом контроля правильности проведения операций на позвоночнике, когда анатомические ориентиры частично невидимы - при открытых операциях.

Применение ЭОП при высокотехнологичных операциях на позвоночнике пока остается «золотым стандартом» при выполнении транспедикулярной фиксации винтов, количество некорректно имплантированных винтов уменьшается с увеличением опыта хирурга.

Ключевые слова: травма позвоночника, ЭОП, O-arm с навигационной станцией Stealth-Station.

Введение. Хотя транспедикулярная фиксация винтов (ТПФ) является обычным явлением в хирургии позвоночника, это все же технически сложная процедура. Различные обычные методы были разработаны для облегчения установки вин-

та. Тем не менее, высокий уровень неправильного положения ножки побудил хирургов искать идеальный метод для установки шурупов.

Современным стандартным методом для точной установки транспедикулярных винтов являет-



ся 2D визуализация электронно оптического преобразователя (ЭОП). Однако недостатком этой техники является отсутствие информации в аксиальной проекции, необходимой для правильной установки транспедикулярных винтов. Недостаток информации в аксиальной проекции может привести к неправильной установке винтов.

Целью настоящего сообщения явился анализ результатов ТПФ позвоночника с использованием ЭОП и сравнение их с результатами ТПФ с применением интраоперационного компьютерного томографа O arm (O arm).

Материал и методы. Ретроспективно изучены результаты ТПФ с 2003 года и проспективно результаты ТПФ последовательно поступавших больных, операции которым были выполнены под ЭОП. Результаты ТПФ с использованием ЭОП (350 больных – первая группа) были сопоставлены с результатами ТПФ с применением O arm (390 больных – вторая группа), выполненным проспективно с 2014 года и опубликованными нами ранее [1].

В исследование операций с использованием ЭОП включены только те больные, которым после операции проведено контрольное компьютерно-томографическое (КТ) исследование позвоночника.

212 (60,6%) было мужчин и 138 (39,4%) лиц женского пола, средний возраст пострадавших составил $36,2 \pm 0,5$. Большая часть больных поступало клинику в острый 247 (70,6%) и ранний 36 (10,3%) периоды травмы, 24 (6,8%) – в промежуточный и 43 (12,3%) – поздний периоды.

Травма получена в быту 175 (50%) пострадавшими, 97 (27,7%) при дорожно-транспортном происшествии (ДТП), 75 (21,4%) – на производстве и у 3 (0,9%) – при занятиях спортом. По механизму травмы 180 (51,4%) больной получил травму при падении с большой высоты, 97 (27,7%) – при ДТП, 51 (14,6%) – при падении с высоты роста, 19 (5,4%) – при падении груза на спину и прочий механизм травмы отмечен у 3 (0,9%) пострадавших.

Всем больным после клинично-неврологического осмотра производилась рентгенография, КТ, 312 (89,1%) рентгеновская денситометрия, 170 (48,6%) – электронейромиография, 40 (11,4%) – магнитно-резонансная томография, 168 (48%) по показаниям миелография до-, во время или после операции, 97 (27,7%) – веноспондилография (ВСГ) перед проведением чрескожной вертебропластики (ЧВП).

Все переломы позвоночника были нестабильными, преобладали переломы типа А2 и А3 (84,7%) по АО, затем типа - В2 (8,7%) и - С (6,6%). Перело-

мы поясничного отдела позвоночника наблюдались у 206 (58,8%) пострадавших, грудного – у 77 (22%), двух отделов – у 53 (15,2%) и двухуровневые переломы – у 14 (4%) больных. Осложненные переломы позвоночника отмечены у 121 (34,6%), повреждения типа А – у 2%, В – у 10,2%, С – у 57,2% и D – 30,6% пострадавших. Сочетанные травмы выявлены у 166 (47,4,5%) больных, которые у 51 (14,6%) сопровождались травматическим шоком.

ТПФ применялась в виде бисегментарной с имплантацией от 4 до 6 винтов, трехсегментарной – от 4 до 8 винтов, полисегментарной – от 6 до 14 винтов, а также педикуло-ламинарной фиксации с использованием наряду с винтами ламинарных крючков. Для ТПФ использовались системы НИТЕК (Новосибирск), Медбитех (Беларусь), ChM (Poland), XIA 2 (Stryker) и Medtronic (USA).

ТПФ по показаниям дополнялась межтеловым спондилодезом у 74 (21,1%), транспедикулярной пластикой тела позвонка (ТППТП) гранулами пористого никелида титана – у 53 (15,1%), ЧВП – у 30 (8,6%).

Методика выполнения операции под ЭОП.

Больной укладывается на рентгенпрозрачный операционный стол на спину, интубируется, затем переворачивается на живот, под наркозом при неосложненных переломах позвоночника и сохранности целостности заднего опорного комплекса выполняется реклинизация позвоночника при тракции за ноги и удерживании больного за плечевой пояс, подкладываются валики под грудную клетку и таз. Осуществляется разметка операционного поля и контрольные 2D снимки путем ручного позиционирования ЭОП. ЭОП откатывается от операционного стола, обрабатывается и обкладывается операционное поле, осуществляется доступ, устанавливаются маркеры в места предполагаемых имплантации винтов. Обкладываются стерильными простынями излучатель и воспринимающее устройство ЭОП, выполняются 2D снимки. Ориентируясь на установленные маркеры и 2D снимки, поэтапно производят штихт каналы в корнях дужек вначале шилом, затем метчиком и имплантируют транспедикулярные винты. При ЭОП контроле в связи с ручным позиционированием нередко приходится делать промежуточные снимки, чтобы заснять прежнее операционное поле. Иногда для более точной установки винтов в корень дужки используется режим рентгеноскопии. После монтажа конструкции делаются заключительные 2D снимки. При проведении ЭОП снимков бригада, как правило, выходит из операционной.

Рентгеноскопический режим при выполнении операций под ЭОП используется при навигации игл Джемшиди, при чрескожных операциях, ВСГ

и введении костного цемента, контрастного вещества при ЧВП и кифопластике. При выполнении рентгеноскопического режима с ЭОП бригада хирургов и рентгенлаборант находятся в операционной, что увеличивает дозу облучения на бригаду и больного.

Критерий хи-квадрат по Пирсону использовали для статистической оценки. Значение $P < 0,05$ было принято как статистически значимое.

Результаты и их обсуждение. 350 больным оперированным с использованием ЭОП имплантировано 1822 винта, в среднем 5,2 винта на одну операцию. Корректно были имплантированы 1705 (93,6%) винтов, некорректно - 117 (6,4%) винтов, из них допустимая или клинически незначимая мальпозиция винта отмечена 90 (4,9%), оставшиеся 27 (1,5%) некорректно установленные винты потребовали ревизионной операции (рис. 1).

В соответствии с данными литературы точность траектории винта оценивается с использованием различных критериев [2-5], что затрудняет объективную оценку эффективности выполнения ТПФ тем или иным методом с использованием ЭОП,

флюороскопии, стереотаксической навигации, компьютерной навигации (интраоперационной компьютерной томографии) [6].

Точность траектории винта ножки оценивали по реконструированным послеоперационным аксиальным, сагиттальным и коронарным компьютерным томографическим снимкам. Смещение было классифицировано как незначительное (≤ 2 мм), умеренное (2,1-4 мм) и тяжелое (>4 мм) [2]. Мы полагаем, что при использовании ЭОП нулевая степень размещения транспедикулярных винтов в наших исследованиях наблюдалась в 93,6%, первая - в 3,3%, вторая - в 1,7% и третья - в 1,5%

Клинический пример 1. Больная С. 22 лет. Диагноз: «Сочетанная травма, закрытый компрессионно-оскольчатый неосложненный проникающий нестабильный перелом тела Th_{12} позвонка, перелом остистого и суставных отростков Th^{11} - Th^{12} позвонков 3 степени, перелом остистых отростков и дужек Th_{11} - $_{12}$ позвонков (A2, B2 по АО), состояние после ВТФ Th_{10} - L_1 позвонков системой НИТЕК (07.09.2007). Закрытая черепно-мозговая травма. Сотрясение головного мозга».

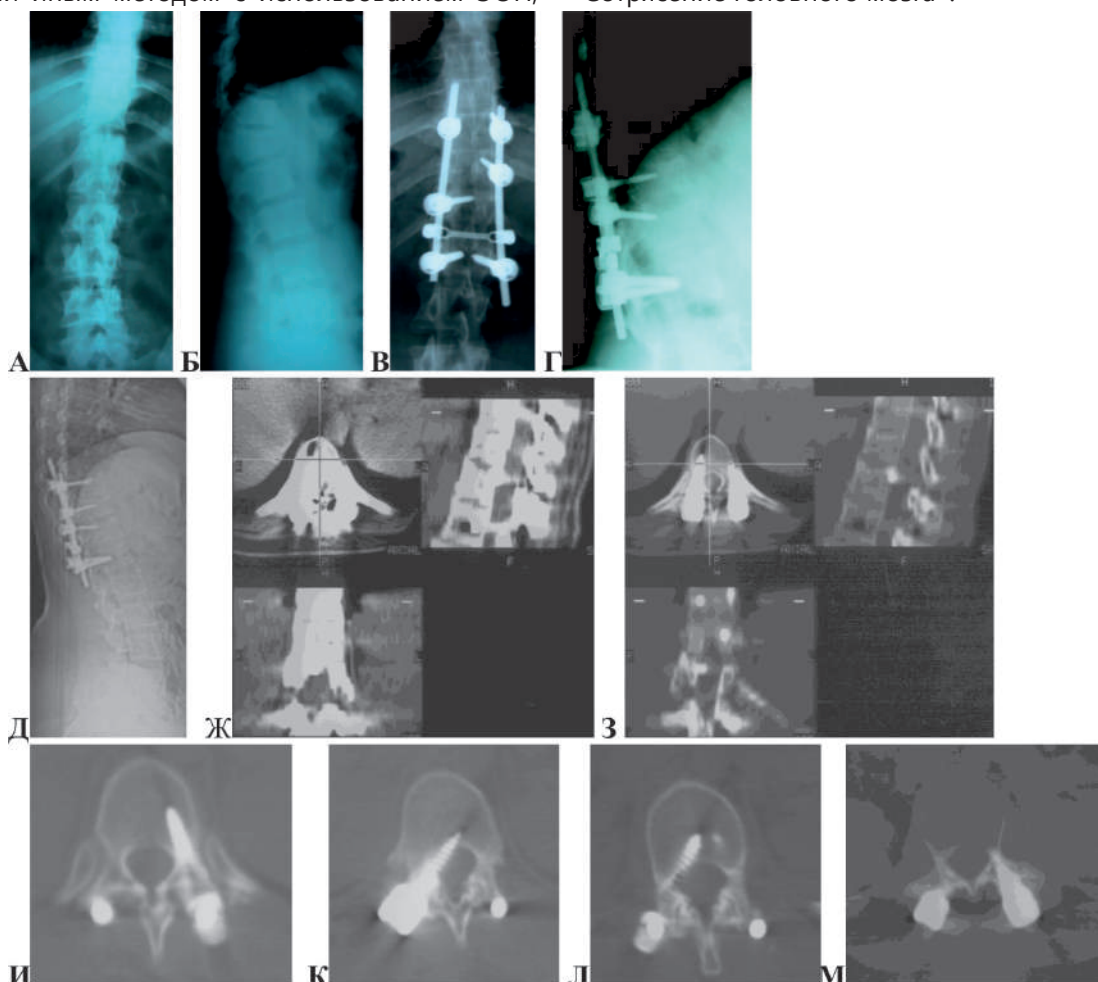


Рисунок 1 – А,Б – рентгенограммы до операции; В,Г – рентгенограммы после операции; Д,Ж,З,И,К,Л,М - КТ топограмма и КТ после операции – некорректно установленный винт

Определенные сложности имеются при имплантации под ЭОП транспедикулярных винтов при посттравматических деформациях позвоночника, после ранее выполненных операций (рис.2).

Клинический пример 2. Больная К. 33 лет. Диагноз: «Последствия закрытой позвоночно-спинномозговой травмы, ушиба и сдавления спинного мозга (2003), неправильно консолидированный компрессионно-оскольчатый

перелом тела L₂ позвонка (C2 по АО), декомпрессивной ламинэктомии L₂, заднего спондилодеза металлическими пластинами (26.06.03), удаления металлических пластин (09.07.04), ВТФ L₁-L₃ позвонков (28.06.07); перемонтажа ВТФ с установкой дополнительных винтов, вентрального межтелового спондилодеза пористым никелидом титана (17.02.2010). Нижний вялый парапарез, нарушение функций тазовых органов».

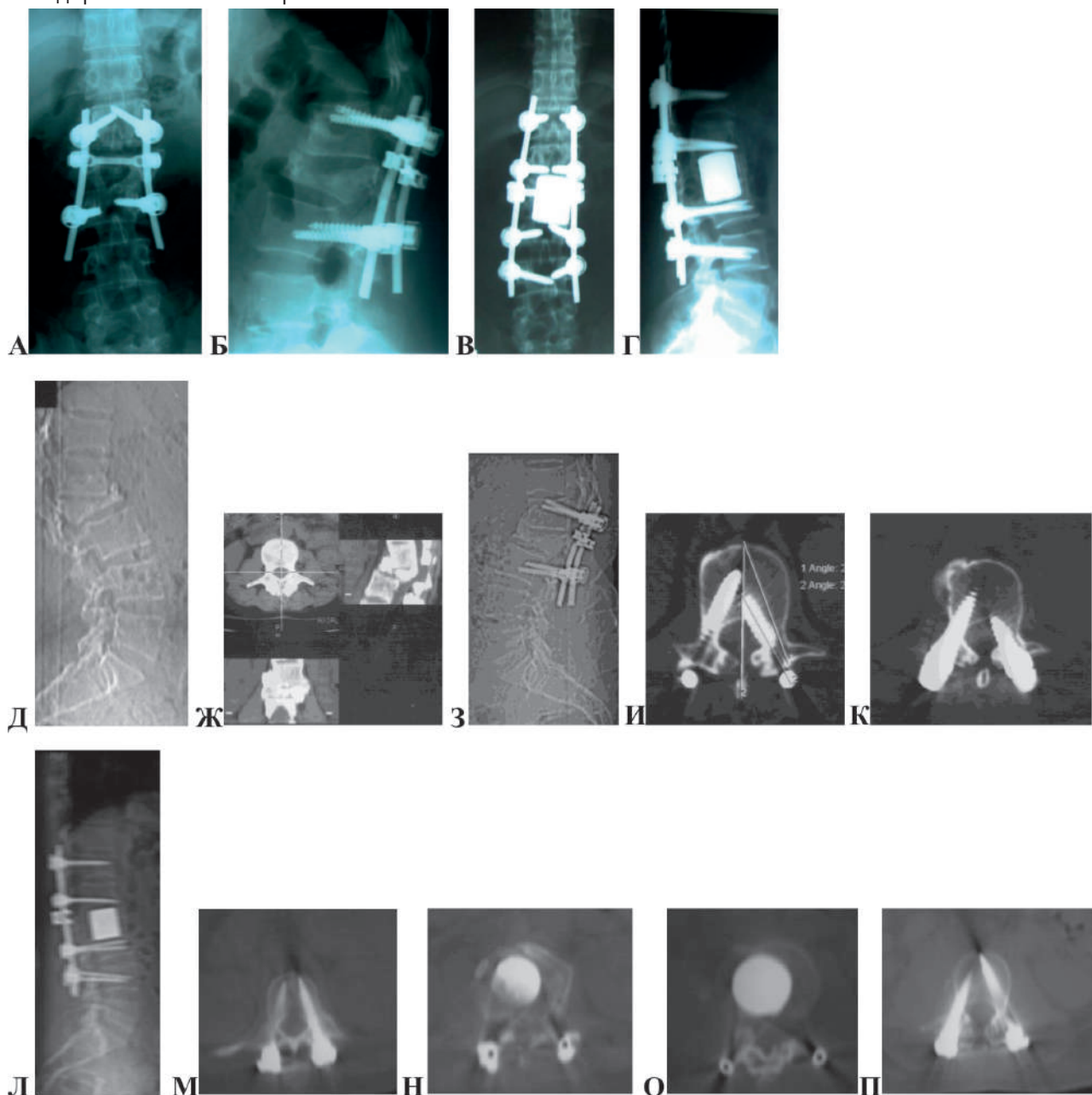


Рисунок 2 – А,Б – рентгенограммы после 3 операции; В,Г – рентгенограммы после 4 операции; Д,Ж – КТ топограмма и 3D снимки после 2 операции – кифотическая деформация позвоночника; З,И,К – КТ после 3 операции – корригирована кифотическая деформация, мальпозиция винтов; Л,М,Н,О,П – КТ после 4 операции перемонтажа ВТФ и вентрального спондилодеза – топограмма и аксиальные срезы - точно в корнях дужек расположены винты и в проекции тела резецированного позвонка кейдж из пористого никелида титана



По данным литературы, имеются определенные недостатки при использовании ЭОП без навигации: уровень точности введения транспедикулярных винтов составляет от 72% до 92% [7-11]. При использовании только рентген-системы ЭОП без навигации в процессе установки металлоконструкций контроль осуществляется только за счет флюороскопии. При этом больные и хирурги подвергаются относительно высоким дозам облучения [12, 13]. При использовании систем типа ЭОП затрачивается много времени на позиционирование флюороскопа при повторных исследованиях, невозможно обеспечить идеальную стерильность оперативного пособия, нарушается стерильность, существует риск инфицирования раны [14] и частота развития инфекций достигает 4% [15]. Интраоперационная флюороскопия позволяет получить информацию о положении винтов только в определенных пределах, не позволяя проконтролировать перфорацию стенки спинномозгового канала. Если неправильное расположение транспедикулярных винтов не обнаружено в конце первичного вмешательства, может потребоваться вторая операция для коррекции их положения [16]. Исследования корректности установки транспедикулярных винтов при тораколюмбарных операциях показал, что частота ревизионных операций из-за неправильно установленных винтов составляет 1% [17]. Наибольшее число неправильного положения винтов наблюдается при ревизионных операциях, так как риск неврологических нарушений, связанных со спондилодезированием, на 41% выше, чем при первичных операциях на позвоночнике [18].

O-arm представляет собой роботизированную мобильную систему и может легко перемещаться по операционной. Её «O» образная форма позволяет свободно перемещаться детектору вокруг тела больного на 360°, как для получения 2D снимков в требуемом положении, так и получения 3D изображений. Генри системы телескопические. Это позволяет организовывать латеральный доступ к больному и установить систему около операционного стола и откатить её от стола в процес-

се хирургического вмешательства, что значительно облегчает использование системы по сравнению с системами закрытого типа.

Позиционирование генри в любом направлении осуществляется с помощью специальных кнопок. Все перемещения генри и системы приемник-излучатель полностью автоматизированы. Специальная командная панель позволяет оператору точно и быстро установить генри в нужном положении. Используя систему O-arm можно сохранить текущие положения генри, детектора с излучателем, а так же параметры облучения. Одновременно можно хранить до четырех комбинаций настроек. Во время операции хирург может перейти в любое из сохраненных положений нажатием одной кнопки, тем самым экономя время на позиционирование и поиск нужного положения.

390 больным оперированным с применением O arm имплантировано 2477 винтов, в среднем 6,3 винта во время одной операции. Корректно имплантированы 2444 (98,7%), некорректно были имплантированы 33 (1,3%) винтов, из них допустимая мальпозиция наблюдалась 25 (1%) винтов и недопустимая мальпозиция 8 (0,3%) винтов устранена во время текущей операции. Нулевая степень мальпозиции винтов наблюдалась в 98,7%, первая степень – 0,7%, вторая степень – в 0,3% и третья степень – в 0,3%.

Осуществляется операционный доступ, устанавливаются маркеры в корни дужек, выполняются 3D снимки и контролируется корректное положение каждого маркера в отдельности (рис. 3).

Клинический пример 3. Больной Д. 16 лет Диагноз: «Закрытый нестабильный осложненный компрессионно-оскольчатый проникающий перелом тела L₂ позвонка 3 степени со стенозом позвоночного канала на 1/2, перелом дужки L₂ позвонка, посттравматическая кифотическая деформация грудопоясничного отдела позвоночника (A2, B2 по АО), ушиб конуса спинного мозга, легкий нижний парапарез, нарушение функции тазовых органов. Состояние после ВТФ тел Th₁₁-Th₁₂-L₁-L₂-L₃ позвонков системой Medtronic (13.02.17)».

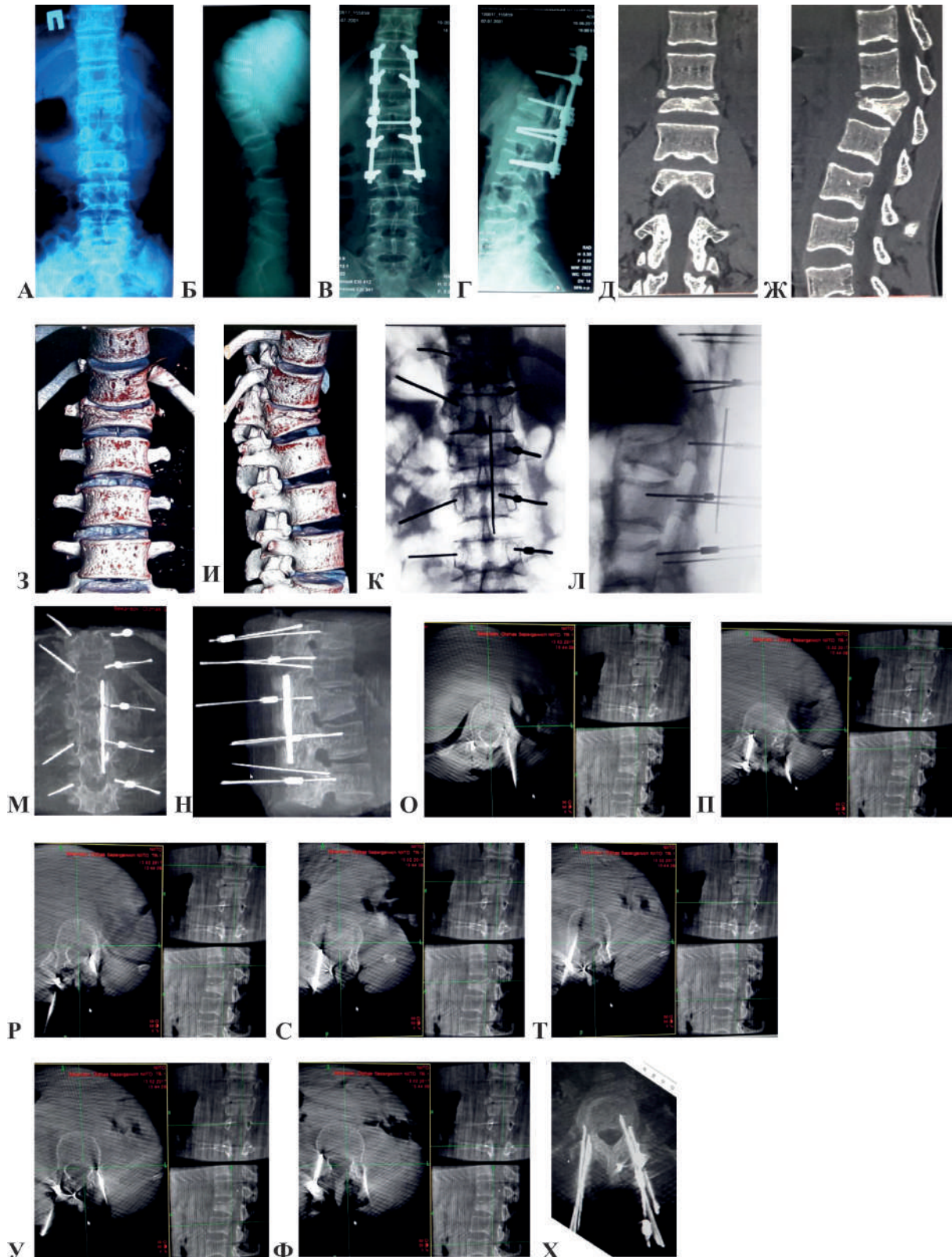


Рисунок 3 – А,Б – рентгенограммы до операции; В,Г – рентгенограммы после операции;
КТ до операции: Д,Ж – фронтальная и сагитальная реконструкция, З,И – 3D реконструкция до операции;
О арт снимки во время операции: К,Л – 2D снимки установки маркеров; М,Н – 3D реконструкция;
 О,П,Р,С,Т,У,Ф – контроль расположения каждого маркера на аксиальном, фронтальном и сагитальном срезе.
 Х – аксиальная реконструкция расположения всех маркеров

Ориентируясь на расположение маркеров на полученных снимках O arm в 3 проекциях, уточняется направление введения транспедикулярных винтов. После имплантации винтов про-

изводятся 2D и 3D снимки, на 3D снимках O arm контролируется точность установления каждого винта в отдельности (рис.4).

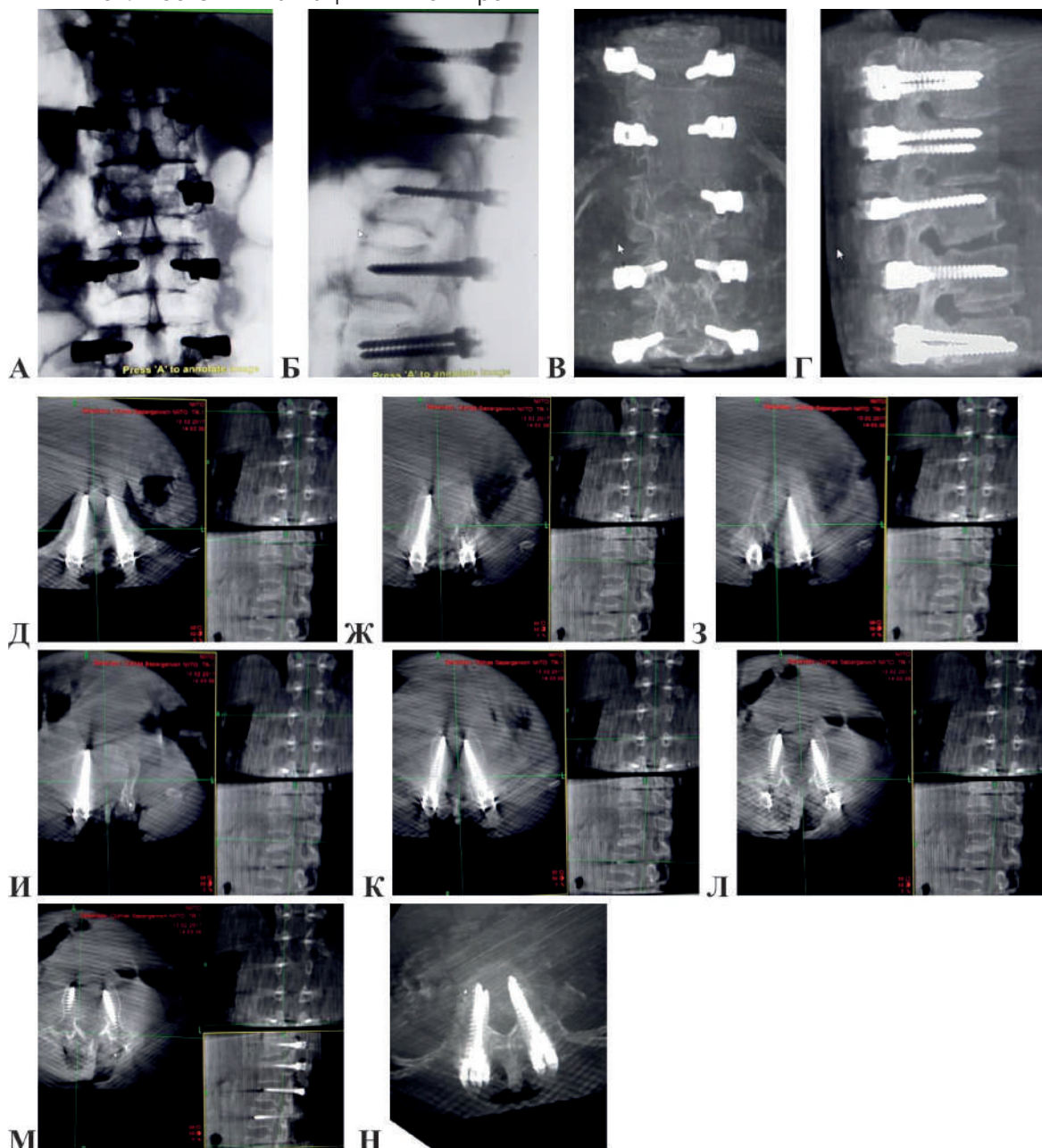


Рисунок 4 – А,Б, - 2D снимки O arm; В,Г – 3D снимки O arm; Д,Ж,З,И,К,Л,М – контроль точности имплантации каждого винта на снимках в аксиальной, фронтальной и сагитальной проекциях; Н – точности имплантации всех винтов на реконструкции в аксиальной проекции

Сравнительные исследования общего числа некорректно имплантированных винтов при операциях с применением ЭОП и O arm показали, что они чаще наблюдались при использовании ЭОП ($p < 0,001$) и недопустимой мальпозиции винтов не было при выполнении операции под O

arm, так как она была своевременно диагностирована во время текущей операции и устранена.

Заключение. Применение ЭОП при высокотехнологичных операциях на позвоночнике пока остается «золотым стандартом» при выполнении ТПФ в связи с высокой стоимостью O-arm с навигационной станцией Stealth-Station, количество



некорректно имплантированных винтов уменьшается с увеличением опыта хирурга.

O-arm с навигационной станцией Stealth-Station являются наиболее современным методом контроля правильности проведения операций на позвоночнике, когда анатомические ориентиры частично невидимы – при открытых операциях.

Использование O-arm сокращает время проведения операций на позвоночнике, обеспечивает гарантированную точность имплантации винтов, максимально исключая применение ревизионных вмешательств.

Система визуализации O-arm и навигационная станция Stealth-Station помогают хирургу направить винт в соответствии с анатомическими особенностями больного в режиме реального времени, чтобы обойти скрытые нервы и сосуды и избежать их повреждения практически со 100% точностью и снижает дозу облучения для хирурга и больного.

Единственным недостатком O-arm с навигационной станцией Stealth-Station является большая их стоимость.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mukhametzhanov Kh., Mukhametzhanov D. Zh., Karibaev B. M., Bulekbaeva Sh. A., Bekarisov O. S., Kusainova K. K., Dyusenbaev N. N. Using an intraoperative computed tomography scanner with a navigation station for spinal surgery // *Electron J Gen Med.* – 2019. – 16(6):em182. <https://doi.org/10.29333/ejgm/115859>
2. Gertzbein S.D., Robbins S.E. Accuracy of pedicular screw placement in vivo // *Spine (Phila Pa 1976).* – 1990. – 15. – P. 11-14. PMID: 2326693 DOI: 10.1097/00007632-199001000-00004
3. Youkilis A.S., Quint D.J., McGillicuddy J.E., Papadopoulos S.M. Stereotactic navigation for placement of pedicle screws in the thoracic spine // *Neurosurgery.* – 2001. – 48. – P. 771-778; discussion 771-778. PMID: 11322437 DOI: 10.1097/00006123-20010400000015
4. Heary R.F., Bono C.M., Black M. Thoracic pedicle screws: postoperative computerized tomography scanning assessment // *J Neurosurg.* – 2004. – 100. – P. 325-331. PMID: 15070139
5. Mirza S.K., Wiggins G.C., Kuntz C., York J.E., Bellabarba C., Knopod M.A., Chapman J.R., Shaffrey C.I. Accuracy of thoracic vertebral body screw placement using standard fluoroscopy, fluoroscopic image guidance, and computed tomographic image guidance: a cadaver study // *Spine (Phila Pa 1976).* – 2003. – 28. – P. 402-413. PMID: 12590219 DOI: 10.1097/01.BRS.0000048461.51308.CD
6. Puvanesarajah V., Liauw J.A., Lo S., et al. Witham Techniques and accuracy of thoracolumbar pedicle screw placement // *World J Orthop.* – 2014. – 18. – 5(2). – P. 112-123. ISSN 2218-5836 (online) doi:10.5312/wjo.v5.i2.112
7. Sakai Y., Matsuyama Y., Nakamura H. et al. Segmental pedicle screwing for idiopathic scoliosis using computer-assisted surgery // *Journal of Spinal Disorders Techniques.* – 2007. – 21(3).
8. Rajasekaran S., Vidyadhara S., Ramesh P., Shetty A.P. Randomized clinical study to compare the accuracy of navigated and non-navigated thoracic pedicle screws in deformity correction surgeries // *Spine.* – 2007. – 32(2).
9. Han W., Gae Z.L., Wang J. C. et al. Pedicle screw placement in the thoracic spine a comparison study of computer-assisted navigation and conventional techniques // *Orthopedics.* – 2010. – 33(8).
10. Schizas C., Then E., Kwaitkowski B. et al. Pedicle screws insertion robotic assistance versus conventional C-arm fluoroscopy // *Acta Orthopaedica Belgica.* – 2012. – 78(2). – P. 240-245.
11. Tian W., Liu Y.J., Liu B. et al. Clinical contrast of cervical pedicle screw fixation assisted by C-arm fluoroscopy or 3D navigation system // *Chinese J. Surg.* – 2006. – 44(20). – P. 1399-1402.
12. Smith H.E., Welch M.D., Sasso R.C. et al. Comparison of radiation exposure in lumbar pedicle screw placement with fluoroscopy versus computed-assisted image guidance with intraoperative three-dimensional imaging // *J. Spinal Cord Med.* – 2008. – 31(5). – P. 532-537.
13. Hart R., Komzak M., Barta R. et al. Reduction of radiation exposure by the use of fluoroscopic guidance in transpedicular instrumentation // *Acta Orthopaedica et Traumatologiae Cechoslovaca.* – 2011. – 78(5). – P. 447-450.

14. Biswas D., Bible J. E., Whang P. G. et al. Sterility of C-arm fluoroscopy during spinal surgery // Spine. – 2008. – 33(17).
15. Lapsley H.M., Vogels R. Quality and cost impacts prevention of post-operative clean wound infections // Int. J. Health Care Qual Assur inc Leadersh Health Serv. – 1998. – 11(6-7). – P. 222-231.
16. Esses S.L., Sachs B.L., Dreyzin V. Complications associated with technique of pedicle screw fixation. A selected survey of ABS members // Spine. – 1993. – 18(15).-P. 2231-2238.
17. Gautschi O.P., Schatlo B., Schaller K., Tessitore E. Clinically relevant complications related to pedicle screw placement in thorac-lumbar surgery and their management a literature reviews of 35630 pedicle screws // Neurological Focus. – 2011. – Sep. 30-31. – P. 8.
18. Hamilton D.K., Smith J.S., Sansur C.A., Glassman S.D., Ames C.P., Berven S.H. et al. Rates of new neurological deficit associated with spine surgery based on 108419 procedures: a report of the scoliosis research society morbidity and mortality committee // Spine. – 2011. – 36(15).

*Х. Мухаметжанов¹, Д.Ж. Мухаметжанов², Б.М. Карибаев¹, Ш. Булекбаева³,
К.К. Кусаинова³, О.С. Бекарисов¹, Н.Н. Дюсенбаев⁴*

¹Травматология және ортопедия ғылыми-зерттеу институты, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан

²Акад. Н.Н. Бурденко атынд. Нейрохирургия ұлттық медициналық зерттеулер орталығы, Мәскеу қ. Ресей

³«University Medical Center» корпоративтік қорының Балаларды сауықтыру ұлттық орталығы, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан

⁴«Астана медицина университеті» АҚ, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан

ОМЫРТҚАДАҒЫ ЗАМАНАУИ ЖОҒАРЫ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ОПЕРАЦИЯЛАРДЫ ИНТРАОПЕРАТИВТІ РАДИАЦИЯЛЫҚ БАҚЫЛАУ

Кіріспе. Авторлар суретті күшейткіш түтікті 390 операцияны және О-арм және Стелс навигациялық станциясымен (Медтроник, АҚШ) пайдаланып 350 операция нәтижелеріне ретроспективті және перспективалық талдау жүргізді.

Материалдар мен әдістер. Кескін күшейткішін қолдана отырып операция жасалынған 350 науқасқа 1822 бұрандалар салынды, бір операцияға орташа алғанда 5,2 бұранда. 1705 (93,6%) бұрандалар дұрыс салынды, 117 (6,4%) бұрандалар дұрыс емес салынды, олардың 90 (4,9%) бұранданың жарамды немесе клиникалық маңызды емес деп танылды, қалған 27 (1,5%) қате орнатылды бұрандалар қайта ревизициялық операцияларды жасауды қажет етті. Авторлардың пайымдауынша, суретті күшейткіш түтікті қолданған кезде транспедикулярлы бұрандалардың мальпозиция нөлінші деңгейде 93,6%, бірінші - 3,3%, екіншісі - 1,7% және үшінші - 1,5% байқалды.

Нәтижелер. О арммен жұмыс жасайтын 390 науқасқа 2477 бұранда, бір операция кезінде орта есеппен 6,3 бұранда салынды. Бұрандалар мальпозициясының нөлдік деңгейі 98,7%, бірінші дәреже - 0,7%, екінші дәреже - 0,3% және үшінші дәреже - 0,3% байқалды.

Кескін күшейткіш түтікті және О армды пайдалану кезінде қате имплантталған бұрандалардың жалпы санының салыстырмалы зерттеулері суретті күшейткіш түтікті пайдалану кезінде жиі байқалатындығын көрсетті ($p < 0.001$) және О арм астында операцияны орындау кезінде бұрандалардың рұқсат етілмейтін бұзылыстары болған жоқ, өйткені ол уақытында диагноз қойылып, ағымдағы операция кезінде түзетілді.

Қорытынды. Стелс навигациялық станциясы бар тірек - анатомиялық белгілері жартылай көрінбейтін - ашық жолмен жасайтын омыртқадағы операциялардың дұрыстығын бақылаудың ең заманауи әдісі.

Омыртқадағы жоғары технологиялық операциялар үшін кескін күшейткіш түтіктерді қолдану әлі де «алтын стандарт» болып табылады, дұрыс емес имплантацияланған бұрандалар саны хирургтың тәжірибесімен азаяды.

Негізгі сөздер: омыртқаның жарақаты, суретті күшейткіш түтік, Stealth-Station навигациялық станциясы бар О арм.

Kh. Mukhametzhano¹, D.Zh. Mukhametzhano², B.M. Karibayev¹, Sh.A. Bulekbaeva³, O.S. Bekarisov¹, K.K. Kusainova³, N. Dusenbaev⁴

¹ Scientific Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan

² Acad. N.N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Moscow, Russia

³ National Center for Children's Rehabilitation of the University Medical Center Corporate Fund, Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan

⁴ Astana Medical University, Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan

INTRAOPERATIVE RADIATION CONTROL OF MODERN HIGH-TECH OPERATIONS ON THE SPINE

Background. The authors conducted a retrospective and prospective analysis of the results of 350 operations using the image intensifier tube and 390 operations with the O arm and the Stealth-Station navigation station (Medtronic, USA).

Materials and methods. To 350 patients operated on with the use of an image intensifier, 1822 screws were implanted, on average 5.2 screws per operation. 1705 (93.6%) screws were correctly implanted, 117 (6.4%) screws were incorrectly implanted, 90 (4.9%) of them were recognized as acceptable or clinically insignificant malposition of the screw, the remaining 27 (1.5%) were incorrectly installed, the screws required a revision operation. The authors believe that when using an image intensifier tube, the zero degree of malposition of transpedicular screws was observed in 93.6%, the first in 3.3%, the second in 1.7% and the third in 1.5%.

Results. To 390 patients operated with O arm, 2477 screws were implanted, on average 6.3 screws during one operation. 2444 (98.7%) were correctly implanted, 33 (1.3%) screws were implanted incorrectly, of which 25 (1%) screws were acceptable malposition and 8 (0.3%) screws were not tolerated during the current operation. The zero degree of screw malposition was observed in 98.7%, the first degree - 0.7%, the second degree - 0.3% and the third degree - 0.3%.

Comparative studies of the total number of incorrectly implanted screws during operations using the image intensifier tube and O arm showed that they were more often observed when using the image intensifier tube ($p < 0.001$) and there was no unacceptable malposition of the screws when performing the operation under O arm, since it was diagnosed in a timely manner during current operation and eliminated.

Conclusion. O-arm with the Stealth-Station navigation station is the most modern method of controlling the correctness of spinal operations when anatomical landmarks are partially invisible - with open operations.

The use of image intensifier tubes for high-tech operations on the spine is still the "gold standard" when performing transpedicular fixation, the number of incorrectly implanted screws decreases with the surgeon's experience.

Keywords: spinal injury, image intensifier tube, O-arm with navigation station Stealth-Station.