

УДК 616.711-089:[616-073.7:004](045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-5987201915-13>

## Пятилетний опыт использования навигационной системы в хирургии позвоночника

**В. А. Радченко, А. А. Барков, А. Г. Скиданов**

ГУ «Институт патологии позвоночника и суставов им. проф. М. И. Ситенко НАМН Украины», Харьков

*There are various approaches to use the navigation systems, such as: navigation based on preliminary computed tomography or intraoperative imaging using a 3D/2D fluoroscope or computer tomography. Each of these methods has its advantages and disadvantages. Objectives: to conduct a comparative evaluation of the precision of the setting of the screws in the vertebrae and to identify the quantity of surgical revisions due to incorrect location of the screws and to compare it with the standard technique of setting screws («free-hands» technique) and inserting the screws by using a 3D navigation system. Methods: we made a retrospective analysis of 2 760 patients over the age of 18 years. Patients were divided into two groups: I group (2 128 patients) who underwent a standard procedure («hands-free» technique) for inserting the screws, with intra- and postoperative X-ray control of screws' location; II group (632 patients) whom the screws were inserted with «Brainlab» navigation system in the CT scan mode of the patient, in the prone position with rollers under the iliac crest. Results: the number of surgical revisions because of wrong screws position was 37 (1.74 %) patients in the first group. In the second group, only 12 screws were reintroduced intraoperatively in 9 (1.42 %) patients, due to their not quite correct position after fluoroscopic control or neuro-monitoring. As a result of the analysis of iatrogenic mistakes, we have developed a number of practical recommendations that help to prevent failures in the navigation system. Conclusions: the usage of navigation equipment allows to reduce the time of performed surgery, to reduce the incision length of soft tissues damage, so to decrease the risk of neurologic complications and intraoperative fluoroscopy radiation exposure, to increase the complexity and range of surgical interventions, and also to set transpedicular screws more precisely. Key words: transpedicular fixation, navigation system, surgical revision.*

*Існують різні підходи до використання навігаційної системи: на основі попередньої комп'ютерної томографії (КТ) або інтраопераційної візуалізації з використанням 3D/2D-флюороскопа або комп'ютерного томографа. Кожен метод має певні переваги та недоліки. Мета: провести порівняльну оцінювання точності розташування гвинтів у хребцях і виявити кількість ревізієвих хірургічних втручань, пов'язаних із некоректним їхнім введенням, між стандартною технікою «вільних рук» встановлення гвинтів і проведенням їх із використанням 3D-навігаційної системи. Методи: здійснено ретроспективний аналіз 2 760 пацієнтів старших за 18 років. Хворих розділили на дві групи: I (2 128 осіб) — виконано транспедикулярну фіксацію хребта за допомогою стандартної процедури (техніка «вільні руки») проведення гвинтів з інтра- та післяопераційним рентгенологічним контролем; II (632) — із використанням навігаційної системи «Brainlab» у режимі попереднього КТ-сканування хворого в положенні лежачи на животі з валиками під крилами клубових кісток. Результати: кількість ревізієвих хірургічних втручань, пов'язаних із некоректним проведенням гвинтів, склала 37 (1,74 %) випадків у I групі. У II було перепроведено лише 12 гвинтів інтраопераційно у 9 (1,42 %) пацієнтів через не досить відповідне їхнє розташування виявлене за допомогою флюороскопічного контролю або нейромоніторингу. Під час аналізу помилок розроблено низку практичних рекомендацій, які допомагають попередити порушення в роботі навігаційної системи. Висновки: використання навігаційного обладнання, окрім значного зменшення часу оперативного втручання, ризику неврологічних ускладнень, зниження кількості інтраопераційної рентгенографії, зменшення протяжності розрізу м'яких тканин під час хірургічного доступу, значного підвищення точності встановлення транспедикулярних гвинтів, дає змогу збільшити складність і спектр хірургічних втручань, а також уникнути ревізієвих операцій, пов'язаних із некоректною імплантацією транспедикулярних гвинтів. Ключові слова: транспедикулярна фіксація, навігаційна система, ревізієві хірургічні втручання.*

**Ключевые слова:** транспедикулярная фиксация, навигационная система, ревизионные хирургические вмешательства

## Введение

С развитием инновационных компьютерных технологий и устройств стала возможной навигация в хирургии позвоночника, которая приобретает все большую популярность и продолжает совершенствоваться. Существуют различные подходы в использовании навигационной системы — на основе предварительной компьютерной томографии или интраоперационной визуализации с использованием 3D/2D-флюороскопа или компьютерного томографа, требующие различных методов регистрации пациентов. Каждый из них имеет определенные преимущества и недостатки. Сегодня представлено множество исследований, в которых оценена корректность проведения винтов в шейном, грудном и поясничном отделах позвоночника с использованием различных систем навигации, проведено их сравнение между собой и стандартной методикой установки винтов [1]. Однако четких доказательств преимущества использования навигационной системы для пациентов нет. Спинальная навигация тесно связана с интраоперационным трехмерным изображением, предоставляющим набор данных для нее, и позволяет немедленно оценить конечное положение винта и, соответственно, при необходимости выполнить незамедлительную коррекцию его размещения в теле позвонка и тем самым избежать осложнений и ревизионных хирургических вмешательств.

Точное расположение винта в костных структурах позвонка прямо связано с положительным результатом операции. Винт может перфорировать тело позвонка кпереди и привести к таким серьезным осложнениям, как повреждения крупных сосудов и висцеральных органов. Также проведение винта мимо дуги тела позвонка может травмировать спинномозговой нерв, вызвать его сдавливание или ликворею, а это, в свою очередь, — риск необратимых грубых неврологических осложнений. Мальпозиция винтов, несоответствие их диаметра и длины могут стать причиной развития нестабильности биомеханической системы «позвоночник – металлоконструкция» и привести к нежелательным последствиям.

Поэтому развитие и применение современных компьютерных технологий, проведение научных исследований для нас необходимо, чтобы избежать осложнений в хирургии позвоночника, что, в конечном итоге, позволит повысить качество жизни пациента.

*Цель исследования:* провести сравнительную оценку точности расположения винтов в позвонках и выявить количество ревизионных хирургических вмешательств, связанных с некорректным их размещением, в случае стандартной техники «свободных рук» установки винтов и проведения их с использованием 3D-навигационной системы.

## Материал и методы

Представленное исследование одобрено на заседании комитета по биоэтике при ГУ «ИППС им. проф. М. И. Ситенко НАМН» (протокол № 180 от 14.05.2018).

Проведен ретроспективный анализ 2 760 пациентов старше 18 лет, подвергшихся задней инструментации позвоночника с использованием транспедикулярных винтов за период с 2004 по 2017 г. Количество поставленных винтов составило 16 082. Пациентов распределили на две группы. В I вошли больные, которым выполнена стандартная процедура (техника «свободных рук») проведения винтов с интра- и послеоперационным рентгенологическим контролем за период с 2004 по 2017 г., а II группу составили пациенты, которым установили винты с использованием навигационной системы фирмы «Brainlab» в режиме предварительного КТ-сканирования больного в положении лежа на животе с валиками под крыльями подвздошных костей за период с 2013 по 2017 г. Различия в периодах оценки между группами связано с внедрением навигационной системы в клиническую практику ГУ «ИППС им. проф. М. И. Ситенко НАМН» с 2013 года. В исследование включены пациенты с дегенеративными заболеваниями позвоночника, спондилолистезом, деформациями и травмами в шейном, грудном и поясничном отделах.

*Установка винтов с использованием навигационной системы*

Пациентам, которым вводили винты при помощи навигационной системы «Brainlab», предварительно проводили обследование в диагностическом центре и выполняли КТ («Simens», 16-срезовая) необходимого отдела позвоночника для хирургического вмешательства в положении лежа на животе с валиками под передними осями подвздошных костей. Записанный диск загружали в навигационную систему. На операционном столе положение больного было таким же, аппаратуру и инфракрасную камеру системы располагали рядом с операционным столом в ногах у пациента. Выполняли регистрацию инструментов, необходимых для проведения винта.

Разрез выполняли по срединной линии вдоль остистых отростков, скелетировали задние элементы позвонков, необходимый позвонок тщательно освобождали от окружающих мягких тканей, на остистый отросток монтировали антенну и с помощью специальной указки проводили его пространственную маркировку. Затем, убедившись в правильном пространственном положении позвонка, начинали манипуляцию установки винтов (рис. 1).

С помощью указки определяли место введения винта и его направление в аксиальной и сагиттальной плоскостях. Пробойником намечался вход развертки, которую использовали для формирования канала через корень дуги в тело позвонка. С помощью метчика нарезали резьбу, соответствующую диаметру необходимого винта. Все действия выполняли под четкой визуализацией на экране навигационной системы. После введения всех винтов делали рентгенологический контроль позвоночника в двух проекциях, после чего манипуляции с навигационной системой заканчивали.

*Установка винтов с использованием стандартной техники «свободных рук»*

На операционном столе больного размещали на животе с валиками под передними осями подвздошных костей. Разрез выполняли по срединной линии вдоль остистых отростков, скелетировали задние элементы позвонков, определяли место введения винта и его направление при помощи стандартных анатомических ориентиров. Пробойником намечали вход развертки, которую использовали для формирования канала через корень дуги в тело позвонка. С помощью метчика нарезали резьбу соответствующего диаметра. Каждый шаг формирования костного канала контролировали зондом (медиальная, латеральная, проксимальная, дистальная стенки и дно должны быть костными). После установки винта выпол-

няли рентгенологический контроль позвоночника в двух проекциях с использованием флюороскопа.

*Оценка данных и статистический анализ*

Для оценки результатов исследования использованы общеизвестные методы статистической обработки данных [2] и вычислений при помощи программы Microsoft Excel 2010.

*Классификация некорректного проведения винтов*

Корректное топографическое расположение транспедикулярных винтов в позвонках оценивали в соответствии с классификацией Герцбина-Роббинса [6]. Расположение винта в пределах коркового слоя дужки позвонка классифицировали как степень А, если винт перфорировал корковый слой в пределах до 2 мм — степень В, от 2 до 4 мм — С, до 6 мм — Е.

## Результаты и их обсуждение

За 14 лет в I группе пациентов проанализировали 2 128 больных, которым выполнена транспедикулярная фиксация позвоночника с использованием стандартной техники «свободных рук» для проведения винтов. Общее количество имплантированных транспедикулярных винтов составило 12 879. В табл. 1 показано распределение пациентов I группы в зависимости от количества стабилизированных сегментов позвоночника, в табл. 2 — по нозологии.

С 2013 г. мы начали использовать 3D-навигацию на базе компьютерного томографа фирмы «Brainlab». За 5 лет применения техники проведения транспедикулярных винтов при помощи навигационной системы во II группе пациентов проанализировано 632 пациента, а общее количество установленных винтов составило 3 203. В табл. 3 показано распределение пациентов в зависимости от количества стабилизированных сегментов позвоночника, а по нозологии — в табл. 4.

Ревизионные хирургические вмешательства, которые связаны с некорректным проведением винтов, были произведены 37 (1,74 %) пациентам.

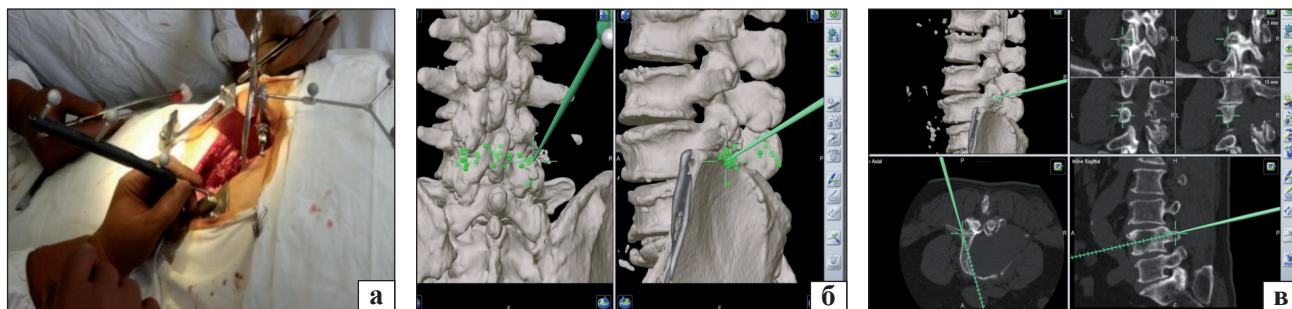


Рис. 1. Навигация и маркировка позвонков (а, б) и проведение винтов на мониторе (в)

В I группе 22 человека — с дегенеративными заболеваниями позвоночника, 6 — со спондилолистезом, 4 — с травмой позвоночника и 5 — с деформацией) (рис. 2). Из общего количества больных, подвергшихся повторному вмешательству, у 11 (7,7 %) некорректное проведение винтов было при моносегментарной фиксации, у 26 (18,1 %) — при стабилизации двух и более сегментов, 33 (23,1 %) пациента имели проблемы с одной стороны и 4 (2,7 %) — с двух.

Во II группе переустановлено было всего 12 винтов у 9 (1,42 %) пациентов интраоперационно в связи с неправильным их проведением, выявленным с помощью рентгенографии или нейромониторинга. Причем 9 винтов перепроведено у больных с грубыми деформациями позвоночника.

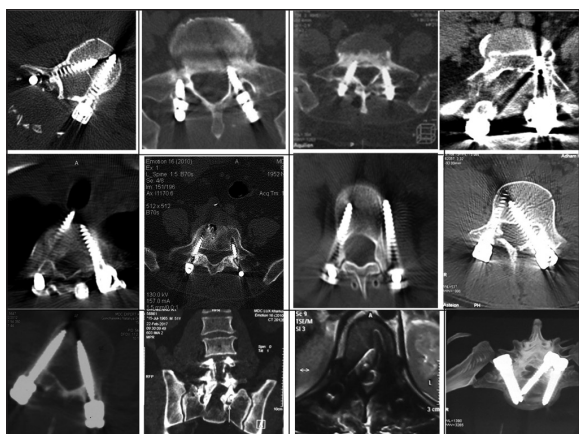


Рис. 2. Варианты некорректного проведения винтов

Ни одному пациенту не выполнено ревизионное хирургическое вмешательство по причине мальпозиции транспедикулярных винтов в раннем и позднем послеоперационном периодах. Только у одного были выраженные проявления радикулопатии в послеоперационном периоде после коррекции деформации позвоночника по вогнутой стороне и подтвержденное на КТ некорректное проведение винта (степень В по классификации Герцина-Роббинса). Однако после проведения симптоматической терапии был достигнут полный регресс болевого синдрома.

Пациенты I группы, которым выполнены ревизионные хирургические вмешательства, имели симптоматические проявления некорректного проведения винтов (36 человек). Одна ревизионная операция выполнена по причине ликвореи. У 30 из этих больных выявлены признаки радикулопатии, у 5 появилась слабость на противоположной конечности или усилилась прежде имеющаяся. У одного пациента отмечен глубокий парализ из-за грубого и неадекватного проведения винтов с двух сторон при многоуровневой фиксации.

Из 36 прооперированных с симптоматическими проявлениями неправильного проведения винтов, у 23 получено подтверждение с помощью КТ. В зависимости от перфорации коркового слоя винтом, согласно классификации Герцина-Роббинса, пациенты распределены следующим образом: степень В — 5 человек, С — 14, Е — 4.

Таблица 1

Распределение пациентов I группы в зависимости от количества стабилизированных сегментов позвоночника

Всего пациентов	Прооперированные сегменты (количество винтов)	Всего винтов
831	1 (4)	3 324
785	2 (6)	4 704
368	3 (8)	2 941
144	4 и более (10 и более)	1 910

Таблица 2

Распределение пациентов I группы по нозологии

Нозология	Всего пациентов
Дегенеративные заболевания позвоночника	1 294
Травма позвоночника	339
Спондилолистез	307
Деформации позвоночника	144
Опухоли позвоночника	44
Всего	2 128

Таблица 3

Распределение пациентов II группы в зависимости от количества стабилизированных сегментов позвоночника

Всего пациентов	Прооперированные сегменты (количество винтов)	Всего винтов
452	1 (4)	1 808
63	2 (6)	378
82	3 (8)	656
35	4 и более (10 и более)	361

Таблица 4

Распределение пациентов II группы по нозологии

Нозология	Всего пациентов
Дегенеративные заболевания позвоночника	473
Травма позвоночника	68
Спондилолистез	41
Деформации позвоночника	34
Опухоли позвоночника	16
Всего	632

Следует отметить, что у 5 больных, которым выполнено ревизионное хирургическое вмешательство, обнаружены клинические проявления в виде радикулопатии несмотря на небольшую степень пенетрации винтом коркового слоя дужки позвонка (степень В). У всех данная проблема локализовалась на уровне  $L_v$  позвонка, также, как и у пациента II группы, что, в первую очередь, связано с анатомическим строением боковых углублений  $L_v$  позвонка [4].

Нет необходимости проводить расчеты для определения статистически значимых результатов, поскольку полученные данные в нашем исследовании наглядно показывают преимущества использования навигационной системы. При этом в качестве основного оценочного параметра было отсутствие ревизионных хирургических вмешательств у лиц, которым инструментация позвоночника выполнена с использованием КТ-навигации, как при одно- так и при многоуровневой фиксации, а также в случае тяжелых сколиотических и кифотических деформаций.

Некорректное положение винта с его влиянием на нервные структуры — наиболее частое раннее осложнение, встречающееся при транспедикулярной фиксации. Согласно опыту британских специалистов, эта проблема при операциях без использования навигационной системы встречается в 15 % случаев, а ее применение позволило снизить процент осложнений до 2–6 % [5].

Несоответствующее проведение транспедикулярных винтов прямо связано с риском неврологических, сосудистых, висцеральных осложнений и ликвореи [6]. L. P. Gautchi и соавт. [6] проанализировали 39 статей, в которых представлены результаты 1 рандомизированного контролируемого исследования, 8 — с контрольной группой сравнения, и клинических наблюдений (остальные). В целом, было установлено 35 630 транспедикулярных винтов в грудном и поясничном отделах позвоночника. Повреждения дуральной оболочки и признаки радикулопатии, связанные с некорректным проведением винтов, зарегистрированы в среднем в 0,18 и 0,19 % соответственно. В 10 исследованиях 39 больным (5 654 человек из 39 исследований) были необходимы ревизионные хирургические вмешательства. Ни в одной из работ не сообщалось о сосудистых нарушениях, но обнаружено два случая клинически значимых висцеральных осложнений. Полученные данные сопоставимы с нашими, когда 37 пациентам (из 2 128 больных) I группы необходимы были ревизионные операции.

Средние величины мальпозиции транспедикулярных винтов по разным данным варьируют от 0–2 % до 25–95 % у пациентов со сколиотическими деформациями позвоночника и около 4,2 % — с дегенеративными заболеваниями [7].

Благодаря развитию современных компьютерных технологий навигационные системы стали широко и успешно применять во всем мире. Опубликованы исследования, показывающие преимущества их использования — начиная от КТ-зависимых и заканчивая интраоперационно 3D-ассистируемыми [8]. Однако работ, касающихся сравнительной оценки корректности проведения транспедикулярных винтов и ревизионных вмешательств с помощью навигации и без нее, не много.

Применение навигационной системы необходимо для достижения высокой точности установки винтов и сведения к минимуму осложнений, обусловленных данной манипуляцией. Однако в некоторых исследованиях *in vivo* и *in vitro* было показано отсутствие преимуществ такой техники по сравнению с обычными методами. Кроме того, получены противоречивые выводы из-за различных характеристик популяций и методов, использованных для оценки точности расположения транспедикулярных винтов. Остается неясным, снижается ли количество осложнений в случае проведения винтов с помощью навигации. В связи с этим группа китайских ученых провела метаанализ всех доступных данных относительно оценки положения транспедикулярных винтов и осложнений, связанных с их установлением при использовании навигационной системы и без нее [9]. Поиск информации осуществляли в поисковых базах PubMed, MEDLINE, EMBASE. Критериям включения соответствовали лишь 3 рандомизированных контролируемых и 9 ретроспективных сравнительных исследования (732 пациента и 4 953 проведенных винта). Установлено, что точность проведения транспедикулярных винтов в грудном и поясничном отделах позвоночника значительно увеличилась, а количество осложнений, связанных с этой процедурой, уменьшилось. В представленной работе мы сравнили и проанализировали 2 128 пациентов, которым выполнена транспедикулярная фиксация позвоночника с использованием стандартной техники для проведения винтов, и 632 — с помощью навигационной системы. Общее количество имплантированных винтов составило 12 879 и 3 203 соответственно. В группе с использованием навигационной системы точность

проведения винтов также оказалась значительно выше, чем без нее, и не было выполнено ни одного ревизионного хирургического вмешательства.

Большое значение имеет навигационная система при имплантации винтов у пациентов со сколиотическими и кифотическими деформациями позвоночника. На основе оценки точности установки транспедикулярных винтов у детей с идиопатическим сколиозом с помощью 3D-навигации на базе КТ с интраоперационным рентгенологическим контролем показано отсутствие осложнений, обусловленных введением имплантатов. Среднее время установки винта составило 55,0 с против 135,2 с в случае использования метода «свободных рук». Применение этой стандартной техники осложнилось переломом ножки дуги при формировании 5,1 % каналов [10]. В нашем исследовании количество пациентов с грубыми деформациями позвоночника составило 144 в группе без использования навигационной системы и 34 — с ее применением. В I группе ревизионное хирургическое вмешательство из-за симптоматического некорректного проведения винтов выполнено у 5 больных в послеоперационном периоде, а во II подобных манипуляций не потребовалось. Однако у 9 пациентов с грубыми сколиотическими деформациями интраоперационно были перепроведены винты, необходимость этой манипуляции выявлена с помощью рентгенографии и нейромониторинга. Несмотря на указанное, полученные нами результаты также свидетельствуют о преимуществах использования навигационной системы.

Встречаются публикации об улучшении качества установки винтов в подвздошные кости, уменьшении лучевой нагрузки на пациента и персонал, а также продолжительности времени операции [11, 12]. Использование навигационной системы «Brainlab» при операциях, предполагающих введение винтов в подвздошные кости, позволило сократить время интраоперационной рентгенографии на 50 %, значительно снизить лучевую нагрузку на пациента и персонал, а также уменьшить время хирургического вмешательства [13].

Основным поводом для использования навигации при транспедикулярной фиксации является уменьшение лучевой нагрузки на пациента и персонал, а также увеличение безопасности для пациента с точки зрения возможных осложнений, связанных с некорректным положением винтов.

Согласно нашим наблюдениям, применение навигационной системы позволяет сократить

время операции за счет уменьшения протяженности операционной раны и сокращения объема скелетирования задних отделов оперируемых позвонков во время выполнения хирургического доступа.

Вопрос о более предпочтительном виде навигации остается предметом дискуссий. Некоторые специалисты считают более эффективным использование навигационной системы совместно с 3D-, чем с 2D-флюороскопом или КТ [14]. Согласно другим данным, например, при транспедикулярной фиксации грудных позвонков, предпочтение следует отдавать КТ, которая обеспечивает снижение количества неудачно проведенных винтов, уменьшение интраоперационной потери крови в числе осложнений [15, 16].

Мы используем навигационную систему совместно с КТ и за время освоения выявили несколько причин ее неудовлетворительной работы и возможные причины ошибок:

- неточная (неаккуратная) регистрация;
- различия положения пациента при выполнении КТ исследования и на операционном столе;
- изменение положения тела пациента после регистрации;
- дыхание больного;
- смещение антенны на остистом отростке после регистрации;
- повреждение отражающего покрытия шариков на антенне или инструменте.

В результате анализа неудач мы разработали ряд практических рекомендаций, которые помогают предупредить сбои в работе навигационной системы. К наиболее грубым погрешностям в ее работе приводит сочетание нескольких причин, поэтому важно внимательно отслеживать каждый этап от дооперационной КТ до установки последнего винта.

При регистрации позвонков, во время операции с помощью выполненной предварительно КТ, причиной грубых погрешностей может стать различие между положением пациента во время выполнения КТ и на операционном столе. Навигационная же система «рассматривает» больного в таком положении, в котором выполнена КТ. Поэтому для устранения погрешности мы, планируя операцию на поясничном отделе позвоночника, выполняли КТ в положении пациента лежа на животе с кифозированием поясничного отдела с помощью специальных валиков. Для грудного отдела КТ проводили просто в положении больного лежа на животе.

Во время настройки навигационной системы важно правильно указать планируемое положение пациента, хирурга и инфракрасной камеры.

Неточная (неаккуратная) регистрация включает в себя, во-первых, ошибку определения уровня позвонка в ране, к которому прикрепляется антенна, с положением, указанным навигационной системе для регистрации. Для уменьшения погрешности антенну рекомендуется крепить к остистому отростку в его средней части и строго по средней линии тела. Для точной регистрации необходимо в ране ставить точки с максимальным разбросом, покрывая наибольшую площадь.

Досрочное пробуждение во время операции или интенсивные манипуляции после регистрации могут приводить к изменению положения пациента на столе, вследствие чего появляются искажения в работе навигационной системы, которые также могут вызывать глубокое дыхание больного.

К неточностям работы навигационной системы, связанным с положением пациента, также относятся искажения, возникающие при работе на позвонке, удаленном от места регистрации на один или более сегмент. Следовательно, чем дальше оперируемый сегмент от зарегистрированного позвонка, тем больше вероятность возникновения искажений. При обнаружении подобных ошибок в работе следует перерегистрировать навигационную систему на необходимом уровне.

К некорректной работе системы может приводить смещение антенны, возникающее вследствие ослабления фиксирующего винта или перелома остистого отростка. После повторного закрепления антенны навигационную систему лучше полностью перезагрузить, после чего выполнить новую регистрацию.



**Рис. 3.** Рентгенограммы и КТ-сканы пациента Б. до хирургического лечения

#### *Клинический пример № 1*

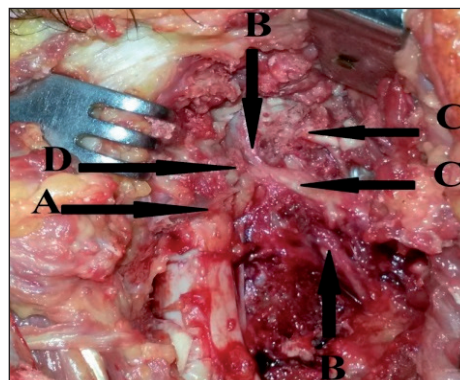
Пациент Б., 52 года, диагноз: анкилозирующий спондилоартрит, аксиальная форма. Кифотическая деформация, анкилоз шейного, грудного и поясничного отделов позвоночника, крестцово-подвздошных суставов. Нарушение функции жевания, ограничение зрения (рис. 3).

Больному показана корригирующая остеотомия на уровне шейного отдела позвоночника. Пациенты с болезнью Бехтерева, как правило, страдают остеопорозом, поэтому традиционная задняя фиксация через боковые массы невозможна. В связи с этим необходима транспедикулярная фиксация, однако, груднопоясничный переход — крайне сложный и опасный отдел позвоночника для задней инструментации даже при нормальных анатомических взаимоотношениях.

Подобные операции проводят из-за риска кровотечения в положении пациента сидя на операционном столе. Этот факт вместе со степенью и ригидностью деформации делает интраоперационную контрольную рентгенографию крайне затруднительной.

При подготовке площадки для безопасного введения винта без использования навигационной системы каждый раз необходимо обнажать все прилегающие образования, окружающие корень дуги, чтобы корректно ввести винт под контролем зрения. Длительность подобной операции трудно себе представить. В условиях болезни Бехтерева при отсутствии анатомических ориентиров и большом необходимом количестве винтов (минимум по 6 выше и ниже остеотомии) такая операция без использования навигационного оборудования становится почти невозможной.

В плане подготовки к операции выполнен планируемый хирургический доступ (рис. 4).



**Рис. 4.** Хирургический доступ для транспедикулярного проведения винтов на шейном уровне C<sub>VI</sub>. А — спинной мозг, В — вертебральная артерия, С — нервные корешки, D — обнаженный корень дуги

Со всех сторон корень дуги ограничен опасными, с точки зрения возможных осложнений, анатомическими образованиями. Медиально располагается спинной мозг, латерально-вертебральная артерия, выше и ниже — спинальные корешки. На рис. 4 стрелкой показан обнаженный корень дуги — место введения винта, диаметр которого составляет приблизительно 0,5 см.

Пациенту выполнена операция: ламинектомия  $C_{VI}$ – $C_{VII}$ – $Th_1$ , задняя остеотомия тела  $C_{VII}$ , коррекция кифотической деформации; фиксация  $C_{IV}$ – $C_V$ – $C_{VI}$ – $Th_1$ – $Th_{II}$ – $Th_{III}$  транспедикулярной

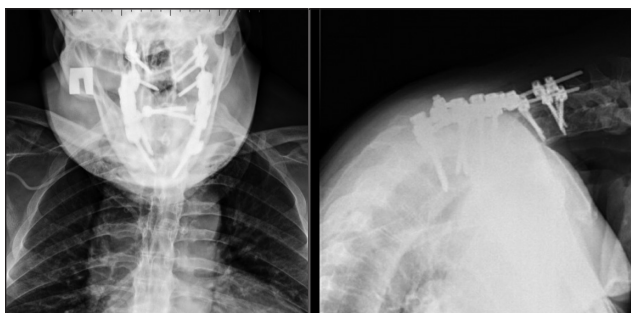


Рис. 5. Рентгенограммы пациента Б. после хирургического лечения

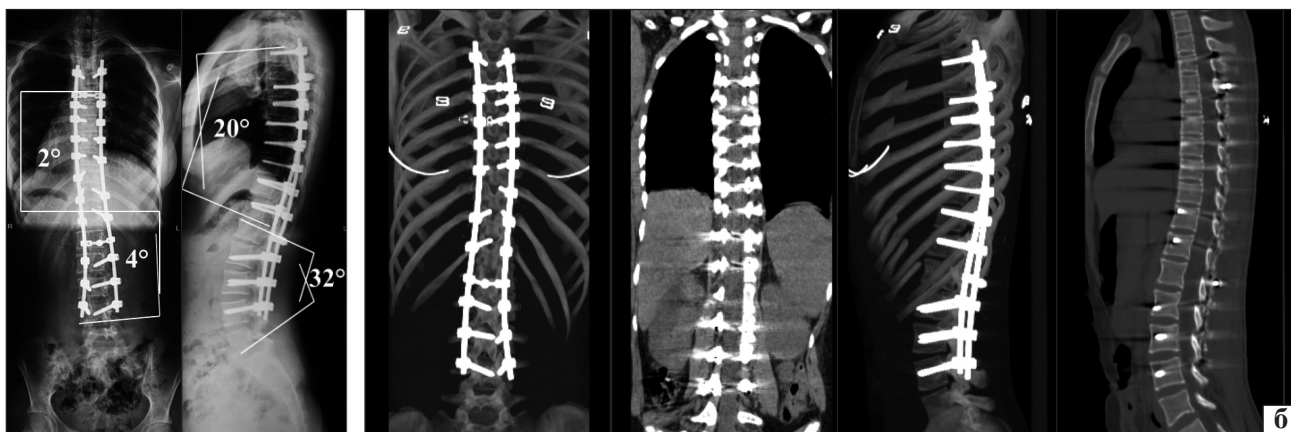
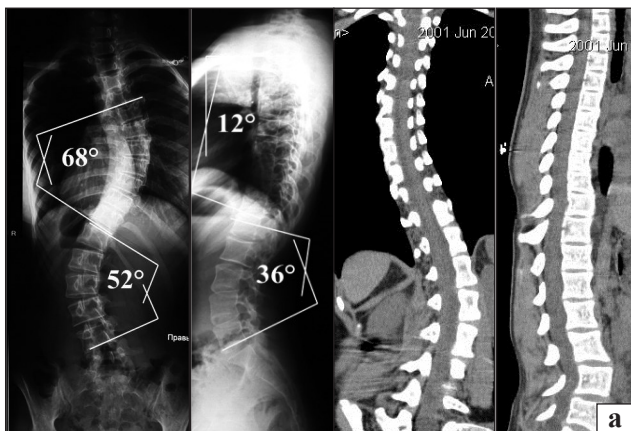


Рис. 6. Рентгенограммы и КТ-сканы пациента Ш. до (а) и после операции (б)

конструкцией «Medtronic» с помощью навигационной системы (рис. 5).

Операция прошла без осложнений. В результате хирургического вмешательства удалось достичь  $25^\circ$  коррекции, что позволило больному беспрепятственно открывать рот. Для улучшения зрения в будущем пациенту предложена корригирующая остеотомия на поясничном уровне.

#### Клинический пример № 2

Пациент Ш., 25 лет, диагноз: правосторонний грудной идиопатический сколиоз IV степени (рис. 6). Операция: коррекция деформации позвоночника полисегментарной транспедикулярной конструкцией «Medtronic», стабилизация сегментов  $Th_{IV}$ – $L_{IV}$ , задний аутоспондилодез. Во время операции использована навигационная система, которая позволила с высокой точностью провести транспедикулярные винты по вогнутой стороне деформации с учетом индивидуальных особенностей анатомического строения корней дуг и ротации тел позвонков пациента. Выполненная в послеоперационный период КТ позвоночника подтвердила высокую точность имплантированных винтов.

#### Выводы

Использование навигационного оборудования, кроме значительного уменьшения времени операции, риска неврологических осложнений, снижения количества интраоперационной рентгенографии, уменьшения протяженности рассечения мягких тканей во время выполнения хирургического доступа, значительного повышения точности установки транспедикулярных винтов, позволяет увеличить сложность и спектр хирургических вмешательств, а также избежать ревизионных операций, связанных с некорректной имплантацией транспедикулярных винтов.



**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

## Список литературы

1. Shimokawa N. Surgical safety of cervical pedicle screw placement with computer navigation system / N. Shimokawa, T. Takami // *Neurosurgical Review*. — 2017. — Vol. 40. — P. 251–258. — DOI 10.1007/s10143-016-0757-0.
2. Ланг Т. А. Как описывать статистику в медицине. Руководство для авторов, редакторов и рецензентов / Т. А. Ланг, М. М. Сесик. — М. : Практическая медицина, 2011. — 480 с.
3. Gertzbein S. D. Accuracy of pedicular screw placement in vivo / S. D. Gertzbein, S. E. Robbins // *Spine*. — 1990. — Vol. 15 (1). — P. 11–14. — DOI:10.1097/00007632-199001000-00004.
4. Радченко В. А. Особенности строения позвоночного канала в поясничном отделе, обуславливающие развитие латерального дегенеративного артрогенного стеноза / В. А. Радченко, А. Г. Скиданов, Е. Д. Карпинская // *Ортопедия, травматология и протезирование*. — 2008. — № 1. — С. 5–9.
5. The British experience of pedicle screw insertion using the O-Arm® imaging system and StealthStation® navigation system / A. Patel, S. Aftab, J. S. Butler [et al.] // *The Spine Journal*. — 2015. — Vol. 15, Is. 3. — P. S71. — DOI: 10.1016/j.spinee.2014.12.096.
6. Clinically relevant complications related to pedicle screw placement in thoracolumbar surgery and their management: a literature review of 35 630 pedicle screws / O. P. Gautschi, B. Schatlo, K. Schaller, E. Tessitore // *Neurosurgical Focus*. — 2011. — Vol. 31 (4). — P. E8. — DOI: 10.3171/2011.7.focus11168.
7. Reliability of low-radiation dose CT in the assessment of screw placement after posterior scoliosis surgery, evaluated with a new grading system / K. Abul-Kasim, A. Strombeck, A. Ohlin [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976)*. — 2009. — Vol. 34 (9). — P. 941–948. — DOI: 10.1097/brs.0b013e31819b22a4.
8. Tian N. F. Image-guided pedicle screw insertion accuracy: a meta-analysis / N. F. Tian, H. Z. Xu // *International Orthopaedics*. — Vol. 33 (4). — P. 895–903. — DOI: 10.1007/s00264-009-0792-3.
9. Position and complications of pedicle screw insertion with or without image-navigation techniques in the thoracolumbar spine: a meta-analysis of comparative studies / J. Tang, Z. Zhu, T. Sui [et al.] // *The Journal of Biomedical Research*. — 2014. — Vol. 28 (3). — P. 228–239. — DOI: 10.7555/JBR.28.20130159.
10. Виссарионов С. В. Применение трехмерной навигации в хирургическом лечении детей с идиопатическим сколиозом / С. В. Виссарионов, Дж. Е. Шредер, С. Н. Новиков // *Хирургия позвоночника*. — 2015. — Т. 12, № 1. — С. 14–20. — DOI: 10.14531/ss2015.1.14-20.
11. Garrido B. J. Navigated placement of iliac bolts: description of a new technique / B. J. Garrido, K. E. Wood // *The Spine Journal*. — 2011. — Vol. 11 (4). — P. 331–335. — DOI: 10.1016/j.spinee.2011.03.007.
12. Hoffmann M. F. 3D-navigation reduces radiation exposure and operative time in lumbopelvic fixations / M. F. Hoffmann, T. A. Schildhauer // *The Spine Journal*. — 2016. — Vol. 16 (10). — P. S300. — DOI: 10.1016/j.spinee.2016.07.221.
13. Pedicle screw placement using 3D navigation: how long does it take? / C. G. Ledonio, D. W. Polly, K. E. Jones, H. W. Zhu // *The Spine Journal*. — 2015. — Vol. 15 (10). — P. S247. — DOI: 10.1016/j.spinee.2015.07.373
14. Accuracy of pedicle screw insertion among 3 image-guided navigation systems: systematic review and meta-analysis / J. P. Du, Y. Fan, Q. N. Wu [et al.] // *World Neurosurgery*. — 2018. — Vol. 109. — P. 24–30. — DOI: 10.1016/j.wneu.2017.07.154
15. Вклад 3D-визуализации в хирургию позвоночника / Ph. Merloz, J. Tonetti, M. Milaire [et al.] // *Гений Ортопедии*. — 2014. — . С. 51–57.
16. Computer navigation versus fluoroscopy-guided navigation for thoracic pedicle screw placement: a meta-analysis / X. T. Meng, X. F. Guan, H. L. Zhang, S. S. He // *Neurosurgical Review*. — 2016. — Vol. 39 (3). — P. 385–391. — DOI: 10.1007/s10143-015-0679-2.

Статья поступила в редакцию 22.01.2019

## FIVE YEARS OF EXPERIENCE IN USING OF NAVIGATION SYSTEM IN SPINE SURGERY

V. A. Radchenko, A. A. Barkov, A. G. Skidanov

Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kharkiv

✉ Vladimir Radchenko, MD, Prof. in Traumatology and Orthopaedics: volod56@ukr.net

✉ Aleksandr Barkov, PhD in Traumatology and Orthopaedics: a.barkov.79@gmail.com

✉ Artem Skidanov, PhD in Traumatology and Orthopaedics: skidanov\_artem@ukr.net