

Минимально инвазивная хирургия позвоночника: этапы развития

© Д.м.н. В.А. БЫВАЛЬЦЕВ*^{1–4}, к.м.н. А.А. КАЛИНИН^{1,2}, член-корр. РАН, д.м.н., проф. Н.А. КОНОВАЛОВ⁵

¹ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России, Иркутск, Россия;

²НУЗ «Дорожная клиническая больница на станции Иркутск-Пассажирский ОАО «Российские железные дороги», Иркутск, Россия;

³ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии» Минобрнауки, Иркутск, Россия;

⁴Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования — филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Иркутск, Россия;

⁵ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

В последние десятилетия спинальная хирургия качественно изменилась. Активное использование современных знаний об анатомии, различных диагностических модулей, специализированного операционного оборудования и высокотехнологичного инструментария позволило преобразовать классические оперативные методики в новое направление спинальной нейрохирургии — минимально инвазивную хирургию позвоночника (minimally invasive spine surgery, MISS). Ее основные цели заключаются в меньшем повреждении кожи и прилежащих тканей, значительном снижении уровня болевого синдрома, сокращении длительности стационарного лечения и полномочном восстановлении функционального статуса в кратчайшие сроки. В данной статье отражены основные критерии соответствия MISS и виды оперативных вмешательств, представлена информация о преимуществах минимально инвазивных хирургических технологий и их возможных недостатках. В настоящее время наблюдается использование MISS во всех областях вертебры — при дегенеративных заболеваниях, новообразованиях, воспалительных и травматических поражениях позвоночника. При этом минимизация хирургической агрессии при максимальном достижении поставленной цели становится основным правилом современной спинальной хирургии.

Ключевые слова: минимально инвазивная хирургия, позвоночник, декомпрессия, стабилизация, пункционные хирургические технологии, микрохирургия, эндоскопия.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Бывальцев В.А. — <https://orcid.org/0000-0003-4349-7101>; e-mail: Byval75vadim@yandex.ru

Калинин А.А. — <https://orcid.org/0000-0002-6059-4344>

Коновалов Н.А. — <https://orcid.org/0000-0003-0824-1848>

КАК ЦИТИРОВАТЬ:

Бывальцев В.А., Калинин А.А., Коновалов Н.А. Минимально инвазивная хирургия позвоночника: этапы развития. *Вопросы нейрохирургии имени Н.Н. Бурденко*. 2019;83(5):92–100. <https://doi.org/10.17116/neiro20198305192>

Minimally invasive spinal surgery: stages of development

© V.A. BYVALTSEV^{1–4}, A.A. KALININ^{1,2}, N.A. KONOVALOV⁵

¹Irkutsk State Medical University of Ministry of Health, Irkutsk, Russia;

²Route clinical hospital at train station Irkutsk-Passenger of JSC «Russian Railroads», Irkutsk, Russia;

³Irkutsk Scientific Center of surgery and traumathology, Irkutsk, Russia;

⁴Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education, Irkutsk, Russia;

⁵Burdenko Neurosurgical Center, Moscow, Russia

ABSTRACT

In recent decades, spinal surgery has changed significantly. The active use of modern knowledge of anatomy, various diagnostic modules, specialized surgical equipment and high-tech tools has made it possible to transform classical surgical techniques into a new area of spinal neurosurgery — minimally invasive spine surgery (MISS). Its main goals are to reduce damage to the skin and adjacent tissues, significantly reduce the level of pain, reduce the duration of inpatient treatment and fully restore functional status in the shortest possible time. This article reflects the main criteria for MISS compliance and types of surgical interventions, provides information on the advantages of minimally invasive surgical technologies and their possible disadvantages. Currently, the use of MISS is observed in all areas of vertebrology — for degenerative diseases, tumors, inflammatory and traumatic lesions of the spine. At the same time, minimizing surgical aggression while maximizing the achievement of goal becomes the main rule of modern spinal surgery.

Keywords: minimally invasive surgery, spine, decompression, stabilization, puncture surgical technology, microsurgery, endoscopy.

INFORMATION ABOUT THE AUHORS:

Byvaltsev V.A. — <https://orcid.org/0000-0003-4349-7101>

Kalinin A.A. — <https://orcid.org/0000-0002-6059-4344>

Konovalev N.A. — <https://orcid.org/0000-0003-0824-1848>

TO CITE THIS ARTICLE:

Byvaltsev VA, Kalinin AA, Kononov NA. Minimally invasive spinal surgery: stages of development. *Voprosy neirokhirurgii im. N.N. Burdenko*. 2019;83(5):92-100. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/neiro20198305192>

Список сокращений

ДС — дугоотростчатый сустав

МПД — межпозвонковый диск

ПДС — позвоночно-двигательный сегмент

EBM — evidence-based medicine, доказательная медицина

MISS — minimally invasive spine surgery, минимально инвазивная хирургия позвоночника

Продолжительность жизни населения большинства стран постепенно увеличивается, в связи с чем поддержание высокого функционального уровня пациентов после спинальных хирургических вмешательств является особенно актуальным [1, 2]. Вместе с тем активная индустриализация и не везде высокий социально-экономический уровень способствуют повышенной заболеваемости дегенеративными заболеваниями, травматическими и метастатическими поражениями позвоночника [3—5].

Важным компонентом, оказывающим влияние на адаптацию общества к изменяющимся условиям жизни, являются знания. В спинальной хирургии основными составляющими их элементами принято считать владение информацией о клинических проявлениях, технике и технологии проведения оперативных вмешательств, об анатомо-физиологических особенностях оперированного сегмента [6, 7].

Предшествующие цели хирургического лечения большинства патологических состояний позвоночника в виде только снижения болевого синдрома и устранения неврологической симптоматики в настоящее время сменились на более амбициозные [8]. К ним относят улучшение качества жизни пациентов за счет сохранения и уменьшения повреждения костно-связочного аппарата и паравертебральной мускулатуры, а также поддержания функционального состояния оперированных позвоночно-двигательных сегментов (ПДС) [9, 10]. Для реализации поставленных целей получили свое развитие следующие направления: минимально инвазивная (пункционная) хирургия, операции с применением малотравматичных доступов и вмешательства, направленные на сохранение естественной биомеханики в оперированном отделе позвоночника [11—13]. Перечисленные направления воплощают абсолютно новую философию и современное мышление, касающиеся подходов к реализации оперативных вмешательств, которые объединяют под термином «минимально инвазивная хирургия позвоночника» (minimally invasive spine surgery — MISS) [14, 15].

Любая хирургическая процедура состоит из двух составляющих элементов: оперативного доступа и проведения специализированных манипуляций. Счи-

тается, что если доступ ограничен настолько, насколько это возможно, а также, если глубина раны превосходит ее длину, то он является минимально инвазивным [16]. При этом учитывается межмышечная и аваскулярная траектория его выполнения с сохранением целостности связочного аппарата [11, 17]. Для этого в последнее время активно используются микрохирургические, минимально открытые, эндоскопические и чрескожные доступы [13, 15].

Считают, что MISS не предназначена для полной замены «большой» хирургии «меньшей», а является абсолютно новым направлением в спинальной хирургии, ассоциированным с сохранением функциональной активности и высоким качеством жизни пациентов [18]. Несмотря на то что MISS получила свое развитие относительно недавно, ее применение включает все направления вертебологии.

Основные цели MISS — это меньшее повреждение кожи и прилежащих тканей, значительное снижение уровня болевого синдрома, сокращение длительности стационарного лечения и полноценное восстановление функционального статуса в кратчайшие сроки [9, 11, 19].

По запросу «minimal invasive spine surgery» в базе данных PubMed в настоящее время имеется более 700 публикаций, при этом единое определение и критерии соответствия MISS ранее не выделялись.

Установлено, что минимально инвазивные хирургические методики имеют преимущества по сравнению с традиционными открытыми способами [19—21]. При этом отмечены существенные сложности адаптации хирургов к методикам MISS, связанные с длительной кривой обучения, обязательным условием наличия сложного технического оборудования и специализированного инструментария [22, 23]. В связи с этим за время освоения новых технологий количество осложнений может быть выше, а длительность операции больше [24, 25].

Критерии соответствия MISS

Систематизируя данные профессиональной литературы, мы выделили 4 составляющих, которые характеризуют хирургическое вмешательство как MISS.

Анатомический аспект. В последнее время наблюдается значительный информационный прогресс,

Главными недостатками ЕВМ считают невозможность применения двойных слепых протоколов и значительное воздействие, которое оказывают фирмы-производители на результаты исследования [40]. Отрицательную роль играют методологически некачественные исследования с небольшим количеством респондентов, которое не соответствует количеству операций, выполняемых во всем мире [41].

При этом основываться только на статистических показателях результатов хирургического лечения пациентов нельзя. Так, в первую очередь важно скептически анализировать итоги собственных операций и акцентировать внимание на изучении каждого клинико-инструментального исхода, особенно в случае развития осложнения или неудовлетворительных результатов, что необходимо для определения лучшей для пациента тактики лечения [11, 42].

Виды и способы MISS технологий

Среди MISS наибольшей популярностью пользуются вмешательства у пациентов с заболеваниями позвоночника дегенеративного генеза. Применяемые для этого хирургические методики относятся к декомпрессивным и стабилизирующим [11, 13].

Декомпрессивные методики

Пункционные хирургические методики. Изначально внедрены в 1984 г. Р. Ascher и Ф. Нерпег [43] как миниинвазивные способы хирургического лечения дегенеративных заболеваний поясничного отдела и в настоящее время используются для воздействия как на межпозвоночный диск (МПД), так и на дугоотростчатые суставы (ДС). Лазерная денервация и радиочастотная термокоагуляция — это деструктивные методики, направленные в первом случае на изменение внутридискового давления и трансформацию пульпозного ядра МПД [44], во втором — на деструкцию латеральной ветви спинномозговых корешков ДС [45]. Эффективность этих методик зависит от степени выраженности дегенеративных изменений в анатомических структурах позвоночника и правильности техники оперативного вмешательства.

Спинальная микрохирургия. В настоящее время широко используется модификация предложенной W. Scoville и В. Whitcomb [46] в 1966 г. задней шейной дискэктомии. Благодаря применению тубулярных ретракторов и микроинструментария, способ микроэндоскопической дискэктомии позволил эффективно выполнить декомпрессию спинномозговых корешков с минимальным послеоперационным болевым синдромом без повреждения паравerteбральных мышц [47].

Для поясничного отдела указанная технология, разработанная R. Williams [48] в конце XX века, в настоящее время считается «золотым стандартом» хирургического лечения большинства дегенеративных заболеваний позвоночника и позволяет обеспечить

оптимальную визуализацию оперированного сегмента без значительной резекции задних опорных элементов [49, 50]. Первые данные об использовании микрохирургической техники и специализированного оборудования для MISS поясничной дискэктомии представили в 1991 г. С. Faubert и W. Caspar [51]. На сегодняшний день микрохирургический инструментарий и современные ранорасширители позволили уменьшить риск повреждения невралжных структур и развития инфекционных осложнений, снизить уровень послеоперационного болевого синдрома в области вмешательства [52].

Эндоскопическая спинальная хирургия. В шейном отделе позвоночника при трансоральной хирургии в 1962 г. впервые использована Н. Fang и G. Ong [53, 54] эндоскопическая ассистенция неспециализированным устройством, применение которой обеспечивает необходимую визуализацию в узком пространстве полости рта. Впервые эндоскопию в торакальной хирургии применил в 1910 г. Н. Jacobeus [55] для диагностики и лечения туберкулеза легких. Развитие специализированного инструментария и совершенствование хирургической техники способствовали активному применению торакоскопических вмешательств с 1990 г. при грыжах МПД, симпатэктомиях, травматических повреждениях, коррекции деформации, паравerteбральных абсцессах и в онкохирургии [56—58]. В 1994 г. Н. Jho [59] с успехом внедрил заднебоковые эндоскопические вмешательства при дегенеративных заболеваниях грудного отдела. Такие операции позволяют при минимальной травме мягких тканей провести реконструкцию позвоночного канала [60] или удаление интрадурального экстремедулярного объемного образования [61] без дренирования плевральной полости.

Чрескожную поясничную нуклеотомию впервые произвели S. Hijikata и соавт. [62] в 1975 г. под местной анестезией при помощи артроскопа. Начало развития классической поясничной эндоскопической спинальной хирургии положено R. Forst и В. Hausmann [63] в 1983 г., когда при использовании модифицированной эндоскопической камеры через рабочую канюлю удалось исследовать междисковое пространство. В последующем Р. Kambin и L. Zhou [64] в 1988 г. впервые описали поясничную артроскопическую дискэктомию, а в 1993 г. Н. Mayer и М. Brock [65] начали использовать специализированный инструментарий.

Активное внедрение эндоскопических методик началось с разработки тубулярных систем в середине 90-х годов XX века. Н. Mathews [66] и D. Ditsworth [67] описали заднебоковой и трансфораминальный (фораминоскопический) чрескожный доступы, изменив концепцию спинальной хирургии от не прямой центральной нуклеотомии к прямому удалению дегенерированного межпозвоночного диска изнутри позвоночного канала. С 1999 г. впервые К. Foley и со-

авт. [68] использовали методику микроэндоскопической дискэктомии через тубулярный ретрактор при латеральной грыже как альтернативу открытому доступу. В настоящее время такая методика успешно применяется при секвестрированных и латеро-фораминальных грыжах МПД [69, 70].

В современных условиях возможности заднебокового, трансфораминального и интерламинарного подхода позволяют осуществить эффективную декомпрессию при любой локализации дискового пролапса [71, 72].

Интермускулярный доступ. Установлено, что субпериостальный доступ и широкая диссекция паравертебральных мышц способствуют их атрофии и некрозу. Параспинальный доступ, разработанный L. Wiltse и C. Spencer [73] в конце 80-х годов прошлого столетия, значительно снизил ятрогенное повреждение мягких тканей. При этом отсутствие специального ранорасширителя делает невозможным минимально инвазивные манипуляции в данном анатомическом коридоре [74].

Трансфораминальный подход описан P. Kambin и M. Brager [75], анатомически представляет внеканальный доступ к невральным структурам через разрез кожи длиной 8—9 см от средней линии под углом 35° и рабочую зону между выходящим и проходящим спинномозговыми нервами. Выполняемая таким образом чрескожная дисковая декомпрессия является высокоэффективной при умеренной выраженности дегенеративных изменений МПД [76, 77].

Заднебоковой доступ также широко используется в хирургии опухолей и инфекционных заболеваний грудного отдела позвоночника [78, 79].

Стабилизирующие методики

Данные способы эффективно применяются при травматических, опухолевых и дегенеративных заболеваниях позвоночника шейного, грудного и поясничного отделов, которые выполняются из переднего, бокового и заднего доступов.

При анализе специализированных источников литературы [10, 11, 13, 18, 80] выделены возможности MISS, которые позволили активно использовать способы стабилизации оперированных сегментов, это:

- высокая частота применения межтеловой фиксации кейджами при патологии позвоночника без расширения хирургической агрессии в отношении окружающих тканей;

- активное использование интраоперационной визуализации, позволяющей безопасно осуществлять внутреннюю фиксацию позвоночника;

- разработка остеобластических материалов для улучшения формирования костного блока при ригидной фиксации позвоночника;

- эволюция инструментов и имплантатов, удобных для использования в узком анатомическом пространстве;

- внедрение новых анатомических коридоров к позвоночному столбу.

Пункционные стабилизирующие методики. Использование способа вертебропластики началось с 1984 г., когда P. Galibert и H. Deramond [81] транспедикулярно ввели полиметилметакрилатный костный цемент в тело позвонка, а первое сообщение об альтернативном способе укрепления поврежденного позвоночного сегмента — кифопластике, принадлежит S. Garfin и соавт. [82] в 90-х годах XX века. В настоящее время эти методики применяются при различных патологических процессах, связанных с изменением прочности и конфигурации позвонков — гемангиомах, опухолях позвонков, травматических переломах и остеопорозе [83, 84]. Технически описанные способы заключаются в прямом чрескожном транспедикулярном введении костного цемента (вертебропластика) или в специальный резервуар (кифопластика, стентопластика) [85]. Указанные методы позволяют устранить локальный болевой синдром за счет экзотермического эффекта и восстановить опороспособность позвонка в кратчайшие сроки.

Чрескожная транспедикулярная фиксация. Изначально чрескожное проведение транспедикулярного винта описано F. Magerl [86] в 1984 г., в дальнейшем указанный способ стали сочетать с тубулярными ретракторами и доступом по Wiltse. Такая фиксация предполагает последовательное использование иглы Jamshidi и направляющей спицы, по которой вводится винт под флюороскопическим или навигационным контролем [9]. Первой системой, которая соответствовала критериям MISS, позволяла погрузить предварительно смоделированный под физиологический лордоз стержень и смонтировать короткосегментарную ригидную систему транспедикулярной фиксации, являлась система Sextant («Medtronic», США) [87].

Альтернативная задняя фиксация. Данные методики имеют различные варианты, в ряде случаев обеспечивая меньшее повреждение мягких тканей при сохранении эффективной стабилизации оперированных сегментов. К ним относят кортикальные винты, чрескожные подвздошные конструкции, фасеточные стабилизирующие устройства, передние и боковые пластины, межкостистые имплантаты [88—90]. Каждая из вышеописанных технологий имеет свою историю развития и совершенствования, информация о которых выходит за рамки данной публикации.

Задние стабилизирующие методики (posterior lumbar interbody fusion, PLIF; transforaminal lumbar interbody fusion, TLIF). В 2002 г. L. Khoo и соавт. [91] впервые описали результаты MI-PLIF, осуществленной с применением тубулярных ранорасширителей и микрохирургической техники. Несмотря на малую травматичность, такое вмешательство требовало двустороннего доступа с резекцией ДС и дискэктомией. Это послужило стимулом L. Holly и соавт. [92] для вне-

дрения унилатерального MI-TLIF в 2006 г. Такая методика при достаточном опыте хирурга имеет лучшие технические характеристики вмешательства (объем кровопотери, длительность операции), минимальную выраженность болевого синдрома, быструю социально-бытовую и трудовую реабилитацию, низкий риск неблагоприятных последствий [93, 94]. При объединении методик MI-TLIF и спинальной эндоскопии появилась возможность осуществления декомпрессивных и стабилизирующих вмешательств через треугольник Камбина в амбулаторных условиях под местной анестезией [95].

Передние стабилизирующие методики (anterior lumbar interbody fusion, ALIF). Технологии MISS для ALIF напрямую связаны с началом использования лапароскопических технологий в 1991 г. [96], которые полностью сменили передний межтеловой спондилодез из трансперитонеального доступа, предложенного F. Albee [97] и ретроперитонеальный доступ, разработанный T. Iwahara [98]. В 1997 г. H. Mayer [99] внедрил миниинвазивный открытый передний доступ к поясничному отделу, используя специализированную ретракторную систему и инструментов. Установлено, что при достаточном опыте спинальных хирургов выполнение такого минимально инвазивного вмешательства эффективно снижает хирургическую агрессию, количество периоперационных осложнений и выраженность послеоперационного болевого синдрома [100].

Боковые стабилизирующие методики (lateral lumbar interbody fusion, LLIF). Предложенная L. Pimenta и T. Schaffa [101] в 2001 г. и модифицированная B.M. Ozgur и соавт. [102] в 2006 г. техника LLIF является разновидностью ретроперитонеального доступа к поясничному отделу позвоночника, позволяющего проводить многоуровневые манипуляции на грудном отделе и обеспечивающего возможность значительной коронарной и сегментарной коррекции [100]. Отсутствие канальных манипуляций, непрягая декомпрессия и возможность широкой резекции межпозвоночного диска являются преимуществами LLIF [103]. При этом высокий риск повреждения поясничного сплетения и зависимость от индивидуальной анатомии пациента (грудная клетка, гребень

подвздошной кости) ограничивают широкое применение методики [104]. Одной из разновидностей бокового доступа к позвоночнику является косой боковой межтеловой спондилодез (oblique lateral interbody fusion, OLIF), представленный C. Silvestre и соавт. [105] в 2012 г., который обеспечивает меньший риск повреждения поясничного сплетения при высоких возможностях коррекции сагиттального баланса [106].

Аксиальный межтеловой поясничной спондилодез (axial lumbar interbody fusion, AxiaLIF). Методика предложена в 2006 г. N. Marotta [107], является альтернативой передним и задним декомпрессивно-стабилизирующим вмешательствам и позволяет избежать повреждения магистральных сосудов и паравертебральных мышц. Способ AxiaLIF посредством чрезкожного предсакрального доступа при использовании специализированного ранорасширителя и микроинструментария дает возможность осуществлять минимально инвазивную стабилизацию нижнепоясничных сегментов через крестец [108].

Заключение

В настоящее время отмечен значительный прогресс в спинальной хирургии, который характеризуется разработкой и внедрением новых технологий в диагностике и лечении различных патологических состояний позвоночника. Минимально инвазивная спинальная хирургия является самостоятельным направлением современной вертебрологии. Для ее развития требуются разработки отдельных стандартов и практических рекомендаций, направленных на снижение экономических затрат на реабилитацию и повышение функционального состояния пациентов в отдаленном послеоперационном периоде.

Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования — В.Б.

Сбор и обработка материала — В.Б., А.К.

Написание текста — В.Б., А.К.

Редактирование — В.Б., Н.К.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

The authors declare no conflict of interest.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Бывальцев В.А., Калинин А.А., Голобородько В.Ю., Шепелев В.В., Пестряков Ю.Я. Возможности и преимущества минимально инвазивных дорсальных декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств при лечении дегенеративного спондилолистеза у пациентов старшей возрастной группы. *Успехи геронтологии*. 2019;32(1-2):189-197. Byvaltsev VA, Kalinin AA, Goloborodko VYu, Shepelev VV, Pestryakov YuYa. Possibilities and advantages of minimally invasive dorsal decompression-stabilizing interventions in the treatment of degenerative spondylolisthesis in patients of an older age group. *Uspekhi gerontologii*. 2019;32(1-2):189-197. (In Russ.).
2. Fehlings MG, Tetreault L, Nater A, Choma T, Harrop J, Mroz T, Santaguida C, Smith JS. The Aging of the Global Population: The Changing Epidemiology of Disease and Spinal Disorders. *Neurosurgery*. 2015;77(Suppl 4):S1-S5. <https://doi.org/10.1227/NEU.0000000000000953>
3. Kreinest M, Rillig J, Grütznier PA, Küffer M, Tinelli M, Matschke S. Analysis of complications and perioperative data after open or percutaneous dorsal instrumentation following traumatic spinal fracture of the thoracic and lumbar spine: a retrospective cohort study including 491 patients. *European Spine Journal*. 2017;26(5):1535-1540. <https://doi.org/10.1007/s00586-016-4911-8>
4. Kumar N, Malhotra R, Zaw AS, Maharajan K, Naresh N, Kumar A, Vellayappan B. Evolution in treatment strategy for metastatic spine disease: Presently evolving modalities. *European Journal of Surgical Oncology*. 2017;43(9):1784-1801. <https://doi.org/10.1016/j.ejso.2017.05.006>
5. Pak LM, Fogel HA, Chaudhary MA, Kwon NK, Barton LB, Koehlmoos T, Haider AH, Schoenfeld AJ. Outpatient Spine Clinic Utilization is Associat-

- ed with Reduced Emergency Department Visits Following Spine Surgery. *Spine*. 2018;43(14):E836–E841. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000002529>
6. Grabel ZJ, Hart RA, Clark AJ, Park SH, Shaffrey CI, Scheer JK, Smith JS, Kelly MP, DePasse JM, Gupta MC, Ames CP, Daniels AH. Adult Spinal Deformity Knowledge in Orthopedic Spine Surgeons: Impact of Fellowship Training, Experience, and Practice Characteristics. *Spine Deformity*. 2018;6(1):60–66. <https://doi.org/10.1016/j.jspd.2017.06.003>
 7. Weiner BK. Spine update: the biopsychosocial model and spine care. *Spine*. 2008;33(2):219–223. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181604572>
 8. José-Antonio SS, Baabor-Aqueveque M, Silva-Morales F. Philosophy and concepts of modern spine surgery. *Acta Neurochirurgica. Supplement*. 2011;108:23–31. https://doi.org/10.1007/978-3-211-99370-5_5
 9. Бывальцев В.А., Калинин А.А. Возможности применения минимально инвазивных дорсальных декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств у пациентов с избыточной массой тела и ожирением. *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко*. 2018;5:69–80. Byvaltsev VA, Kalinin AA. The possibilities of using minimally invasive dorsal decompressive-stabilizing interventions in patients with overweight and obesity. *Voprosy neirohirurgii im. N.N. Burdenko*. 2018;5:69–80. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/neiro20188205169>
 10. Bisson EF, Rajakumar DV, Mummaneni PV. Introduction. Minimally invasive spine surgery. *Neurosurgical Focus*. 2017;43(2):E1. <https://doi.org/10.3171/2017.5.FOCUS17319>
 11. Spetzger U, Von Schilling A, Winkler G, Wahrburg J, König A. The past, present and future of minimally invasive spine surgery: a review and speculative outlook. *Minimally Invasive Therapy and Allied Technologies*. 2013;22(4):227–241. <https://doi.org/10.3109/13645706.2013.821414>
 12. Virk SS, Yu E. The Top 50 Articles on Minimally Invasive Spine Surgery. *Spine*. 2017;42(7):513–519. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000001797>
 13. Yoon JW, Wang MY. The evolution of minimally invasive spine surgery. *Journal of Neurosurgery. Spine*. 2019;30:149–158.
 14. Boni L, Benevento A, Cantore F, Dionigi G, Rovera F, Dionigi R. Technological advances in minimally invasive surgery. *Expert Review of Medical Devices*. 2006;3(2):147–153. <https://doi.org/10.1586/17434440.3.2.147>
 15. Alexandre A, Masini M, Menchetti PPM. *Advances in Minimally Invasive Surgery and Therapy for Spine and Nerves*. Springer: Wien New York; 2011.
 16. McAfee PC, Phillips FM, Andersson G, Buvenenadran A, Kim CW, Laurysen C, Isaacs RE, Youssef JA, Brodke DS, Cappuccino A, Akbaria BA, Mundis GM, Smith WD, Uribe JS, Garfin S, Allen RT, Rodgers WB, Pimenta L, Taylor W. Minimally invasive spine surgery. *Spine*. 2010;35(26 Suppl):S271–S273. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31820250a2>
 17. Oskouian RJ, Uribe JS. Introduction: minimally invasive spine surgery: the greatest advance in medicine? *Neurosurgical Focus*. 2013;35(2):Introduction. <https://doi.org/10.3171/2013.6.FOCUS13251>
 18. Smith ZA, Fessler RG. Paradigm changes in spine surgery: evolution of minimally invasive techniques. *Nature Reviews Neurology*. 2012;8(8):443–450. <https://doi.org/10.1038/nrneuro.2012.110>
 19. Goldstein CL, Phillips FM, Rampersaud YR. Comparative Effectiveness and Economic Evaluations of Open Versus Minimally Invasive Posterior or Transforaminal Lumbar Interbody Fusion: A Systematic Review. *Spine*. 2016;41(Suppl 8):S74–S89. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000001462>
 20. Бывальцев В.А., Калинин А.А., Шепелев В.В. Сравнение результатов и экономической эффективности минимально инвазивного и открытого трансфораминального поясничного межтелового спондилодеза: метаанализ проспективных когортных исследований. *Вестник Российской академии медицинских наук*. 2019;74(2):125–135. Byvaltsev VA, Kalinin AA, Shepelev VV. Comparison of results and cost-effectiveness of minimally invasive and open transforaminal lumbar interbody fusion: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Vestnik Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk*. 2019;74(2):125–135. (In Russ.). <https://doi.org/10.15690/vramn1093>
 21. Sulaiman WA, Singh M. Minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion for degenerative spondylolisthesis grades 1–2: patient-reported clinical outcomes and cost-utility analysis. *Ochsner Journal*. 2014;14:32–37.
 22. Sharif S, Afsar A. Learning Curve and Minimally Invasive Spine Surgery. *World Neurosurgery*. 2018;119:472–478. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.06.094>
 23. Smith BW, Joseph JR, Kirsch M, Strasser MO, Smith J, Park P. Minimally invasive guidewireless, navigated pedicle screw placement: a technical report and case series. *Neurosurgical Focus*. 2017;43(2):E9. <https://doi.org/10.3171/2017.5.FOCUS17200>
 24. Fournay DR, Dettori JR, Norvell DC, Dekutoski MB. Does minimal access tubular assisted spine surgery increase or decrease complications in spinal decompression or fusion? *Spine*. 2010;35(Suppl 9):S57–S65. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181d82bb8>
 25. Lin Y, Chen W, Chen A, Li F. Comparison between Minimally Invasive and Open Transforaminal Lumbar Interbody Fusion: A Metaanalysis of Clinical Results and Safety Outcomes. *Journal of Neurological Surgery, Part A: Central European Neurosurgery*. 2016;77(1):2–10. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1554809>
 26. Bogduk N. Functional anatomy of the spine. *Handbook of Clinical Neurology*. 2016;136:675–688. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53486-6.00032-6>
 27. Sakçi Z, Önen MR, Fidan E, Yaşar Y, Uluğ H, Naderi S. Radiologic Anatomy of the Lumbar Interlaminar Window and Surgical Considerations for Lumbar Interlaminar Endoscopic and Microsurgical Disc Surgery. *World Neurosurgery*. 2018;115:e22–e26. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.03.049>
 28. Overley SC, Cho SK, Mehta AI, Arnold PM. Navigation and Robotics in Spinal Surgery: Where Are We Now? *Neurosurgery*. 2017;80(3S):S86–S99. <https://doi.org/10.1093/neuros/nyw077>
 29. Cramer J, Quigley E, Hutchins T, Shah L. Educational Material for 3D Visualization of Spine Procedures: Methods for Creation and Dissemination. *Journal of Digital Imaging*. 2017;30(3):296–300. <https://doi.org/10.1007/s10278-017-9950-0>
 30. Belykh E, Kalinin AA, Patel AA, Miller EJ, Bohl MA, Stepanov IA, Bardonova LA, Kerimbaev T, Asantsev AO, Giers MB, Preul MC, Byvaltsev VA. Apparent diffusion coefficient maps in the assessment of surgical patients with lumbar spine degeneration. *PLoS One*. 2017;12(8):e0183697. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183697>
 31. Rieger B. SENDS criteria from the diversification of MAST procedures. Implementation of preoperative simulation. *Radiologie*. 2015;55(10):878–885. <https://doi.org/10.1007/s00117-015-0020-7>
 32. Keric N, Doenitz C, Haj A, Rachwal-Czyzewicz I, Renovanz M, Wesp DMA, Boor S, Conrad J, Brawanski A, Giese A, Kantelhardt SR. Evaluation of robot-guided minimally invasive implantation of 2067 pedicle screws. *Neurosurgical Focus*. 2017;42(5):E11. <https://doi.org/10.3171/2017.2.FOCUS16552>
 33. Yoon JW, Chen RE, Han PK, Si P, Freeman WD, Pirris SM. Technical feasibility and safety of an intraoperative head-up display device during spine instrumentation. *International Journal of Medical Robotics*. 2017;13(3). <https://doi.org/10.1002/rcs.1770>
 34. Gautschi OP, Stienen MN, Corniola MV, Schaller K. Minimal invasive surgery: historical review, current status and perspective. *Praxis*. 2014;103(22):1323–1329. <https://doi.org/10.1024/1661-8157/a001832>
 35. Bryant J, Mohan R, Koottappillil B, Wong K, Yi PH. Minimally Invasive Spine Surgery: Analyzing Internet-based Education Material. *Clinical Spine Surgery*. 2018;31(3):E166–E170. <https://doi.org/10.1097/BSD.0000000000000602>
 36. Twitchell S, Karsy M, Reese J, Guan J, Couldwell WT, Dailey A, Bisson EF. Assessment of cost drivers and cost variation for lumbar interbody fusion procedures using the Value Driven Outcomes database. *Neurosurgical Focus*. 2018;44(5):E10. <https://doi.org/10.3171/2018.1.FOCUS17724>
 37. Smith DG. Viewpoint: envisioning the successful integration of EBM and humanism in the clinical encounter: fantasy or fallacy? *Academic Medicine*. 2008;83(3):268–273. <https://doi.org/10.1097/ACM.0b013e3181637de4>
 38. Saarni SI, Gylling HA. Evidence based medicine guidelines: a solution to rationing or politics disguised as science? *Journal of Medical Ethics*. 2004;30(2):171–175. <https://doi.org/10.1136/jme.2003.003145>
 39. Snyder LA, O'Toole J, Eichholz KM, Perez-Cruet MJ, Fessler R. The technological development of minimally invasive spine surgery. *BioMed Research International*. 2014;2014:293582. <https://doi.org/10.1155/2014/293582>
 40. Andersson GB, Bridwell KH, Danielson A, Dolan LA, Everett CR, Fisher CG, Mercado E, Mulpuri K, Richards BS, Rubery PT, Sponseller PD, Weinstein JN. Evidence-based medicine summary statement. *Spine*. 2007;32(19 Suppl):S64–S65. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e318134eb03>
 41. Fisher CG, Vaccaro AR. Evidence-based medicine in spine surgery: a cross-sectional outcome analysis. *Spine*. 2015;40(5):E307–S308. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000000732>

42. Fehlings MG, Ahuja CS, Mroz T, Hsu W, Harrop J. Future Advances in Spine Surgery: The AOSpine North America Perspective. *Neurosurgery*. 2017;80(3S):S1-S8. <https://doi.org/10.1093/neuros/nyw112>
43. Ascher PW, Heppner F. CO₂-Laser in neurosurgery. *Neurosurgical Review*. 1984;7(2-3):123-133.
44. Erbas YC, Pusat S, Erdogan E. Percutaneous Laser Disc Decompression: Retrospective Analysis of 197 Cases and Review of the Literature. *Turkish Neurosurgery*. 2015;25(5):766-770. <https://doi.org/10.5137/1019-5149.JTN.14692-15.2>
45. Lee CH, Chung CK, Kim CH. The efficacy of conventional radiofrequency denervation in patients with chronic low back pain originating from the facet joints: a metaanalysis of randomized controlled trials. *Spine Journal*. 2017;17(11):1770-1780. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2017.05.006>
46. Scoville WB, Whitcomb BB. Lateral rupture of cervical intervertebral disks. *Postgraduate Medicine*. 1966;39(2):174-180. <https://doi.org/10.1080/00325481.1966.11696921>
47. Adamson TE. Microendoscopic posterior cervical laminoforaminotomy for unilateral radiculopathy: results of a new technique in 100 cases. *Journal of Neurosurgery*. 2001;95(Suppl 1):51-57. <https://doi.org/10.3171/spi.2001.95.1.0051>
48. Williams RW. Microlumbar discectomy: a conservative surgical approach to the virgin herniated lumbar disc. *Spine*. 1987;3(2):175-182.
49. Palmer S, Turner R, Palmer R. Bilateral decompression of lumbar spinal stenosis involving a unilateral approach with microscope and tubular retractor system. *Journal of Neurosurgery*. 2002;97(Suppl 2):213-217. <https://doi.org/10.3171/spi.2002.97.2.0213>
50. Thomé C, Zevgaridis D, Leheta O, Bänzner H, Pöckler-Schöniger C, Wöhrle J, Schmiedek P. Outcome after less-invasive decompression of lumbar spinal stenosis: a randomized comparison of unilateral laminotomy, bilateral laminotomy, and laminectomy. *Journal of Neurosurgery: Spine*. 2005;3(2):129-141. <https://doi.org/10.3171/spi.2005.3.2.0129>
51. Faubert C, Caspar W. Lumbar percutaneous discectomy. Initial experience in 28 cases. *Neuroradiology*. 1991;33(5):407-410. <https://doi.org/10.1007/bf00598613>
52. Koebbe CJ, Maroon JC, Abba A, El-Kadi H, Bost J. Lumbar microdiscectomy: a historical perspective and current technical considerations. *Neurosurgical Focus*. 2002;13(2):E3.
53. Fang HSY, Ong GB. Direct anterior approach to the upper cervical spine. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. 1962;44:1588-1604.
54. Frempong-Boadu AK, Faunce WA, Fessler RG. Endoscopically assisted transoral-transpharyngeal approach to the craniovertebral junction. *Neurosurgery*. 2002;51(Suppl 5):S60-S66.
55. Jacobus HC. Possibility of the use of the cystoscope for investigation of serous cavities. *Münchener Medizinische Wochenschrift*. 1910;57:2090-2092.
56. Lall RR, Smith ZA, Wong AP, Miller D, Fessler RG. Minimally invasive thoracic corpectomy: surgical strategies for malignancy, trauma, and complex spinal pathologies. *Minimally Invasive Neurosurgery*. 2012;2012:213791. <https://doi.org/10.1155/2012/213791>
57. Lehman RA, Vaccaro AR, Bertagnoli R, Kuklo TR. Standard and minimally invasive approaches to the spine. *Orthopedic Clinics of North America*. 2005;36(3):281-292. <https://doi.org/10.1016/j.joc.2005.02.012>
58. Mack MJ, Regan JJ, Bobechko WP, Acuff TE. Application of thoracoscopy for diseases of the spine. *Annals of Thoracic Surgery*. 1993;56(3):736-738. [https://doi.org/10.1016/0003-4975\(93\)90966-1](https://doi.org/10.1016/0003-4975(93)90966-1)
59. Jho HD. Endoscopic microscopic transpedicular thoracic discectomy. Technical note. *Journal of Neurosurgery*. 1997;87(1):125-129. <https://doi.org/10.3171/jns.1997.87.1.0125>
60. Benzel EC, Perry TG. Minimally invasive thoracic microendoscopic discectomy: a tool for all surgeons? *World Neurosurgery*. 2013;80(3-4):319-321. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2013.01.059>
61. Wong AP, Lall RR, Dahdaleh NS, Lawton CD, Smith ZA, Wong RH, Harvey MJ, Lam S, Koski TR, Fessler RG. Comparison of open and minimally invasive surgery for intradural-extramedullary spine tumors. *Neurosurgical Focus*. 2015;39(2):E11. <https://doi.org/10.3171/2015.5.FOCUS15129>
62. Hijikata S, Yamagishi M, Nakayama T, Oomori K. Percutaneous discectomy: a new treatment method for lumbar disc herniation. *Journal of the Tokyo Den-ryoku Hospital*. 1975;5:39-44.
63. Forst R, Hausmann B. Nucleoscopy — a new examination technique. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. 1983;101(3):219-221.
64. Kambin P, Zhou L. History and current status of percutaneous arthroscopic disc surgery. *Spine*. 1996;21(Suppl 24):57S-61S. <https://doi.org/10.1097/00007632-199612151-00006>
65. Mayer HM, Brock M. Percutaneous endoscopic discectomy: surgical technique and preliminary results compared to microsurgical discectomy. *Journal of Neurosurgery*. 1993;78(2):216-225. <https://doi.org/10.3171/jns.1993.78.2.0216>
66. Mathews HH. Transforaminal endoscopic microdiscectomy. *Neurosurgery Clinics of North America*. 1996;7(1):59-63.
67. Ditsworth DA. Endoscopic transforaminal lumbar discectomy and reconfiguration: a postero-lateral approach into the spinal canal. *Surgical Neurology*. 1998;49(6):588-597. [https://doi.org/10.1016/s0090-3019\(98\)00004-4](https://doi.org/10.1016/s0090-3019(98)00004-4)
68. Foley KT, Smith MM, Rampersaud YR. Microendoscopic approach to far-lateral lumbar disc herniation. *Neurosurgical Focus*. 1999;7(5):e5. <https://doi.org/10.3171/foc.1999.7.6.6>
69. Ahn Y, Lee SH, Lee JH, Kim JU, Liu WC. Transforaminal percutaneous endoscopic lumbar discectomy for upper lumbar disc herniation: clinical outcome, prognostic factors, and technical considerations. *Acta Neurochirurgica*. 2009;151(3):199-206. <https://doi.org/10.1007/s00701-009-0204-x>
70. Ruetten S, Komp M, Merk H, Godolias G. A new fullendoscopic technique for cervical posterior foraminotomy in the treatment of lateral disc herniations using 6.9-mm endoscopes: prospective 2-year results of 87 patients. *Minimally Invasive Neurosurgery*. 2007;50(4):219-226. <https://doi.org/10.1055/s-2007-985860>
71. Ruetten S, Komp M, Merk H, Godolias G. Full-endoscopic interlaminar and transforaminal lumbar discectomy versus conventional microsurgical technique: a prospective, randomized, controlled study. *Spine*. 2008;33(9):931-939. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31816c8af7>
72. Yeung AT, Tsou PM. Posterolateral endoscopic excision for lumbar disc herniation: surgical technique, outcome and complications in 307 consecutive cases. *Spine*. 2002;27(7):722-731. <https://doi.org/10.1097/00007632-200204010-00009>
73. Wiltse LL, Spencer CW. New uses and refinements of the paraspinous approach to the lumbar spine. *Spine*. 1988;13(6):696-706.
74. Guiroy A, Sicoli A, Masanés NG, Ciancio AM, Gagliardi M, Falavigna A. How to perform the Wiltse posterolateral spinal approach: Technical note. *Surgical Neurology International*. 2018;9:38. https://doi.org/10.4103/sni.sni_344_17
75. Kambin P, Brager MD. Percutaneous posterolateral discectomy. Anatomy and mechanism. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1987;223:145-154.
76. Gerges FJ, Lipsitz SR, Nedeljkovic SS. A systematic review on the effectiveness of the Nucleoplasty procedure for discogenic pain. *Pain Physician*. 2010;13(2):117-132.
77. Rooij JD, Gadradj PS, Soria van Hoeve JS, Huygen FJ, Aukes HA, Harhangi BS. Percutaneous Nucleoplasty for the Treatment of a Contained Cervical Disk Herniation. *Clinical Spine Surgery*. 2017;30(9):389-391. <https://doi.org/10.1097/BSD.0000000000000583>
78. Haji FA, Cenic A, Crevier L, Murty N, Reddy K. Minimally invasive approach for the resection of spinal neoplasm. *Spine*. 2011;36(15):E1018-E1026. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31820019f9>
79. Verdú-López F, Vanaclocha-Vanaclocha V, Mayorga-Villa JD. Minimally invasive spine surgery in spinal infections. *Journal of Neurosurgical Sciences*. 2017;61(3):303-315. <https://doi.org/10.23736/S0390-5616.16.03911-4>
80. Fessler RG, O'Toole JE, Eichholz KM, Perez-Cruet MJ. The development of minimally invasive spine surgery. *Neurosurgery Clinics of North America*. 2006;17(4):401-409. <https://doi.org/10.1016/j.nec.2006.06.007>
81. Galibert P, Deramond H. Percutaneous acrylic vertebroplasty as a treatment of vertebral angioma as well as painful and debilitating diseases. *Chirurgie*. 1990;116(3):326-334.
82. Garfin SR, Yuan HA, Reiley MA. New technologies in spine: kyphoplasty and vertebroplasty for the treatment of painful osteoporotic compression fractures. *Spine*. 2001;26(14):1511-1515. <https://doi.org/10.1097/00007632-200107150-00002>
83. Коновалов Н.А., Назаренко А.Г., Асютин Д.С., Зеленков П.В., Оноприенко Р.А., Королишин В.А., Черкиев И.У., Мартынова М.А., Закиров Б.А., Тимонин С.Ю., Косырькова А.В., Пименова Л.Ф., Погосян А.Л., Батыров А.А. Современные методы лечения дегенеративных заболеваний межпозвоночного диска. Обзор литературы. *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко*. 2016;80(4):102-108.

- Konovalev NA, Nazarenko AG, Asyutin DS, Zelenkov PV, Onoprienko RA, Korolishin VA, Cherkiev IU, Martynova MA, Zakirov BA, Timonin SYu, Kosyrkova AV, Pimenova LF, Pogosyan AL, Batyrov AA. Modern methods of treatment of degenerative diseases of the intervertebral disk. Literature review. *Voprosy neirokhirurgii im. N.N. Burdenko*. 2016;80(4):102-108. (In Russ.).
https://doi.org/10.17116/neiro2016804102-108
84. Filippiadis DK, Marcia S, Masala S, Deschamps F, Kelekis A. Percutaneous Vertebroplasty and Kyphoplasty: Current Status, New Developments and Old Controversies. *CardioVascular and Interventional Radiology*. 2017;40(12):1815-1823.
https://doi.org/10.1007/s00270-017-1779-x
85. Semaan H, Obri T, Bazerbashi M, Paull D, Liu X, Sarrouj M, Elgafy H. Clinical outcome and subsequent sequelae of cement extravasation after percutaneous kyphoplasty and vertebroplasty: a comparative review. *Acta Radiologica*. 2018;59(7):861-868.
https://doi.org/10.1177/0284185117732599
86. Magerl FP. Stabilization of the lower thoracic and lumbar spine with external skeletal fixation. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1984;189:125-141.
87. Foley KT, Gupta SK, Justis JR, Sherman MC. Percutaneous pedicle screw fixation of the lumbar spine. *Neurosurgical Focus*. 2001;10(4):E10.
88. Волков И.В., Карабаев И.Ш., Пташников Д.А., Коновалов Н.А., Хлебков В.В. Диагностика и интервенционное лечение болевых синдромов после оперативных вмешательств по поводу дегенеративно-дистрофических заболеваний поясничного отдела позвоночника. *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко*. 2018;82(5):55-61.
Volkov IV, Karabaev ISH, Ptashnikov DA, Konovalev NA, Khelebov VV. Diagnosis and interventional treatment of pain syndromes after surgical interventions for degenerative-dystrophic diseases of the lumbar spine. *Voprosy neirokhirurgii im. N.N. Burdenko*. 2018;82(5):55-61. (In Russ.).
89. Senoglu M, Karadag A, Kinali B, Bozkurt B, Middlebrooks EH, Grande AW. Cortical Bone Trajectory Screw for Lumbar Fixation: A Quantitative Anatomic and Morphometric Evaluation. *World Neurosurgery*. 2017;103:694-701.
https://doi.org/10.1016/j.wneu.2017.03.137
90. Wang MY, Ludwig SC, Anderson DG, Mummaneni PV. Percutaneous iliac screw placement: description of a new minimally invasive technique. *Neurosurgical Focus*. 2008;25(2):E17.
https://doi.org/10.3171/FOC/2008/25/8/E17
91. Khoo LT, Palmer S, Laich DT, Fessler RG. Minimally invasive percutaneous posterior lumbar interbody fusion. *Neurosurgery*. 2002;51(Suppl 5):S166-S181.
92. Holly LT, Schwender JD, Rouben DP, Foley KT. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: indications, technique, and complications. *Neurosurgical Focus*. 2006;20(3):E6.
93. Khan NR, Clark AJ, Lee SL, Venable GT, Rossi NB, Foley KT. Surgical Outcomes for Minimally Invasive vs Open Transforaminal Lumbar Interbody Fusion: An Updated Systematic Review and Metaanalysis. *Neurosurgery*. 2015;77(6):847-874.
https://doi.org/10.1227/NEU.0000000000000913
94. Xie L, Wu WJ, Liang Y. Comparison between Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion and Conventional Open Transforaminal Lumbar Interbody Fusion: An Updated Metaanalysis. *Chinese Medical Journal*. 2016;129:1969-1986.
https://doi.org/10.4103/0366-6999.187847
95. Wang MY, Chang PY, Grossman J. Development of an Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) approach for lumbar spinal fusion. *Journal of Neurosurgery. Spine*. 2017;26:411-418.
https://doi.org/10.3171/2016.9.SPINE16375
96. Obenchain TG. Laparoscopic lumbar discectomy: case report. *Journal of Laparoendoscopic Surgery*. 1991;1(3):145-149.
97. Albee FH. Transplantation of a portion of the tibia into the spine for Pott's disease: a preliminary report 1911. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2007;460:14-16.
https://doi.org/10.1097/BLO.0b013e3180686a0f
98. Iwahara T. A new method of vertebral body fusion. *Surgery*. 1944;271:8.
99. Mayer HM. A new microsurgical technique for minimally invasive anterior lumbar interbody fusion. *Spine*. 1997;22(6):691-699.
https://doi.org/10.1097/00007632-199703150-00023
100. McAfee PC, Regan JJ, Geis WP, Fedder IL. Minimally invasive anterior retroperitoneal approach to the lumbar spine. Emphasis on the lateral BAK. *Spine*. 1998;23(13):1476-1484.
https://doi.org/10.1097/00007632-199807010-00009
101. Pimenta L, Schaffa TL. *Lateral endoscopic transpoas retroperitoneal approach for lumbar spine surgery*. Paper presented at the VIII Brazilian Spine Society Meeting. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil 2001; 2001.
102. Ozgur BM, Aryan HE, Pimenta L, Taylor WR. Extreme Lateral Interbody Fusion (XLIF): a novel surgical technique for anterior lumbar interbody fusion. *The Spine Journal*. 2006;6(4):435-443.
https://doi.org/10.1016/j.spinee.2005.08.012
103. Kotwal S, Kawaguchi S, Lebl D, Hughes A, Huang R, Sama A, Cammisa F, Girardi F. Minimally Invasive Lateral Lumbar Interbody Fusion: Clinical and Radiographic Outcome at a Minimum 2-year Follow-up. *Journal of Spinal Disorders and Techniques*. 2015;28(4):119-125.
https://doi.org/10.1097/BSD.0b013e3182706ce7
104. Salzmann SN, Shue J, Hughes AP. Lateral Lumbar Interbody Fusion-Outcomes and Complications. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*. 2017;10(4):539-546.
https://doi.org/10.1007/s12178-017-9444-1
105. Silvestre C, Mac-Thiong JM, Hilmi R, Roussouly P. Complications and Morbidities of Mini-open Anterior Retroperitoneal Lumbar Interbody Fusion: Oblique Lumbar Interbody Fusion in 179 Patients. *Asian Spine Journal*. 2012;6(2):89-97.
https://doi.org/10.4184/asj.2012.6.2.89
106. Li JX, Phan K, Mobbs R. Oblique Lumbar Interbody Fusion: Technical Aspects, Operative Outcomes, and Complications. *World Neurosurgery*. 2017;98:113-123.
https://doi.org/10.1016/j.wneu.2016.10.074
107. Marotta N, Cosar M, Pimenta L, Khoo LT. A novel minimally invasive presacral approach and instrumentation technique for anterior L5-S1 intervertebral discectomy and fusion: Technical description and case presentations. *Neurosurgical Focus*. 2006;20:E9.
108. Aryan HE, Newman CB, Gold JJ, Acosta FL, Coover C, Ames CP. Percutaneous axial lumbar interbody fusion (AxiaLIF) of the L5-S1 segment: Initial clinical and radiographic experience. *Minimally Invasive Neurosurgery*. 2008;51:225-230.
https://doi.org/10.1055/s-2008-1080915

Поступила 22.04.19
Received 22.04.19