

ПАРАМЕТРЫ САГИТТАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ И ПОДВИЖНОСТЬ ШЕЙНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА ПОСЛЕ АРТРОПЛАСТИКИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОГРАНИЧЕНИЕ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИЗ-ЗА БОЛИ В ШЕЕ: ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Елисеев А.С.¹, Млявых С.Г.¹, Боков А.Е.¹

¹ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, Нижний Новгород, e-mail: eliseev_a@pimunn.net

В настоящее время эндопротезирование межпозвонковых дисков шейного отдела позвоночника все чаще рассматривается как альтернатива межтеловому спондилодезу у пациентов с дегенеративной патологией. Исследования по изучению результатов артропластики межпозвонкового диска шейного отдела позвоночника показывают эффективность в сохранении подвижности сегмента и устранении болевого синдрома. Важным вопросом остается изменение регионарного баланса и его влияние на ограничение жизнедеятельности. В статье описывается результат исследования по изучению влияния артропластики на регионарные рентгенологические параметры, подвижность шейного отдела позвоночника и качество жизни пациентов. Исследование проведено на 23 пациентах с артропластикой на одном или двух уровнях шейного отдела позвоночника и сроком наблюдения 3 месяца. Болевой синдром в шее и в руках оценивали с использованием визуальной аналоговой шкалы (ВАШ). С помощью опросника Neck Disability Index (NDI) оценивали ограничения жизнедеятельности из-за болей в шее. Параметры баланса: шейную вертикальную сагиттальную ось (cSVA, мм) и шейный лордоз (CL^o) оценивали по рентгенограмме шейного отдела в боковой проекции. С помощью функциональных рентгенограмм оценивали амплитуду движений позвоночно-двигательных сегментов и общую подвижность шеи. По результатам исследования - артропластика у пациентов с дегенеративной патологией 1-2 шейных сегментов не оказывает влияния на параметры сагиттального профиля, но уже в раннем послеоперационном периоде способствует увеличению подвижности оперированных сегментов и уменьшению подвижности проксимального смежного сегмента, а в более поздние сроки – регрессу вертебрального болевого синдрома, увеличению общей подвижности шейного отдела позвоночника и улучшению качества жизни.

Ключевые слова: шейный отдел позвоночника, артропластика, эндопротезирование межпозвонкового диска, опорно-двигательный эндопротез, спондилогенная радикулопатия, поражение межпозвонкового диска шейного отдела с радикулопатией, сагиттальный баланс шеи, шейный лордоз.

PARAMETERS OF THE SAGITTAL PROFILE AND MOBILITY OF THE CERVICAL SPINE AFTER ARTHROPLASTY AND THEIR EFFECT ON THE NECK INDEX DISABILITY: INTERIM RESULTS OF THE STUDY

Eliseev A.S.¹, Mlyavykh S.G.¹, Bokov A.E.¹

¹FSBEI HE «Privolzhsky Research Medical University» MOH Russia, Nizhniy Novgorod, e-mail: eliseev_a@pimunn.net

Currently, endoprosthesis of intervertebral discs of the cervical spine is increasingly being considered as an alternative to interbody fusion in patients with degenerative pathology. Studies on the results of arthroplasty of the intervertebral disc of the cervical spine show effectiveness in maintaining the mobility of the segment and eliminating pain syndrome. An important issue remains the change in the regional balance and its impact on the restriction of vital activity. The article describes the result of a study on the effect of arthroplasty on regional radiological parameters, on the mobility of the cervical spine and on the quality of life of patients. The study was conducted on 23 patients with arthroplasty at one or two levels of the cervical spine and a follow-up period of 3 months. Pain syndrome in the neck and arms was assessed using a visual analog scale (VAS). With the help of the Neck Disability Index (NDI) questionnaire, life limitations due to neck pain were assessed. Balance parameters: the cervical vertical sagittal axis (cSVA, mm) and cervical lordosis (CL^o) were evaluated by X-ray of the cervical spine in a lateral projection. Functional radiographs were used to evaluate the range of motion of the cervical segments and the overall mobility of the neck. According to the results of the study, arthroplasty in patients with degenerative pathology of 1-2 cervical segments does not affect the parameters of the sagittal profile, but already in the early postoperative period it contributes to an increase in the mobility of the operated segments and a decrease in the mobility of the proximal adjacent segment, and in later periods – regression of vertebral pain syndrome, an increase in the overall mobility of the cervical spine and an improvement in the quality of life.

Keywords: cervical spine, arthroplasty, intervertebral disc replacement, musculoskeletal endoprosthesis, spondylogenic radiculopathy, cervical intervertebral disc lesion with radiculopathy, sagittal balance of the neck, cervical lordosis, range of motion.

В отличие от передней шейной дискэктомии и спондилодеза (ACDF), являющейся «золотым стандартом» оперативного лечения пациентов с дискогенной шейной радикулопатией, артропластика межпозвонкового диска шейного отдела позвоночника (CDA) позволяет сохранить подвижность оперируемых сегментов. Многочисленные исследования, направленные на изучение результатов эндопротезирования межпозвонкового диска шейного отдела, продемонстрировали положительную тенденцию в разрешении болевого синдрома и улучшении качества жизни пациентов, не уступая технологии ACDF [1-3]. Важными аргументами сохранения подвижности в позвоночно-двигательном сегменте являются стремление сохранить физиологическую биомеханику [4; 5] шейного отдела, прямая корреляция между тяжестью течения шейной миелопатии [6] и амплитудой движений, а также сокращение темпа прогрессирования дегенеративных изменений смежных сегментов [7].

Причиной боли в шее являются дегенеративные изменения как в межпозвонковом диске, так и в межпозвонковых суставах. Боль вызывает локальный мышечный спазм, развивающийся при этом вазогенный отёк приводит к дальнейшему усилению болевого синдрома [8]. В свою очередь, это приводит к ограничению подвижности в шейном отделе позвоночника. Доказано, что между выраженностью болевого синдрома в шее и параметрами шейного лордоза существует корреляционная связь [1].

Цель исследования: изучить влияние шейной артропластики на регионарные параметры сагиттального профиля позвоночника, подвижность шейного отдела позвоночника и качество жизни пациентов.

Материалы и методы исследования. В проспективное интервенционное когортное наблюдательное исследование было включено 23 пациента (17 женщин и 6 мужчин, средний возраст $50,3 \pm 2,5$ года) с клиническими проявлениями компрессионной радикулопатии, топически соответствующей одно- или двухуровневому дегенеративному поражению межпозвонковых дисков C_{III}-C_{VII} по данным МРТ, которым выполнена одно-двухуровневая передняя межтеловая микрохирургическая декомпрессия, завершившаяся установкой жесткого двухзвенного эндопротеза диска «Эндокарбон» (ЗАО НПП «МедИнж», Россия) [9].

Основанием для выбора данной хирургической технологии послужило отсутствие нестабильности и выраженных дегенеративных изменений в межпозвонковых суставах сегмента. Критериями исключения из исследования являлись ранее перенесенные оперативные вмешательства на шейном отделе позвоночника, наличие перелома шейных

позвонок в анамнезе, выраженная остеопения, сопутствующие хронические инфекционные или онкологические заболевания, беременность.

Все оперативные вмешательства были выполнены опытными хирургами со стажем более 10 лет.

Оценка болевого синдрома отдельно в шее и в руке(-ах) проводилась с использованием визуальной аналоговой шкалы (ВАШ). Уровень ограничения жизнедеятельности из-за болей в шее [10] оценивали с помощью валидизированного опросника Neck Disability Index (NDI). Данные фиксировались в карте пациента после письменного заполнения опросников в стационаре накануне оперативного лечения и амбулаторно через 3 месяца после вмешательства. После ручного подсчета полученные значения переносились в электронную таблицу Excel.

Основные параметры сагиттального профиля шейного отдела позвоночника – шейную вертикальную сагиттальную ось (сSVA, мм) и общий шейный лордоз (CL°) - оценивали по данным рентгенографии в боковой проекции (рис. 1).

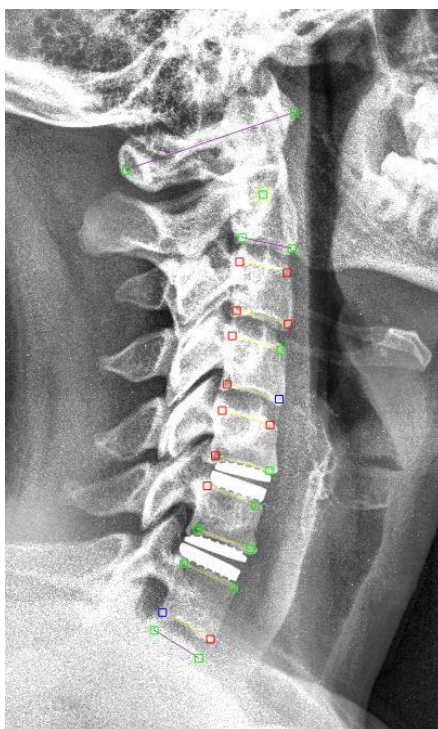


Рис. 1. Рентгенограмма в боковой проекции с разметкой CL (C2-C7), выполненной в Surgimap V2.2, у пациента после артропластики межпозвонковых дисков C5-C6, C6-C7

Общую подвижность шейного отдела, а также амплитуду движений в целевых и смежных позвоночно-двигательных сегментах изучали по данным функциональной рентгенографии, которую выполняли перед операцией, в раннем послеоперационном периоде (в течение 3 дней с даты вмешательства) и через 3 месяца после вмешательства. Интраоперационный контроль позиции имплантов осуществлялся с помощью С-дуг Arcadis

Varic (Simens, Германия) или Vision FD Vario 3D (Ziehm, Германия). Все измерения выполнялись в свободно распространяемой через глобальную сеть Internet программе Surgimap V2.2 (Nemaris, США), статистическая обработка данных - в SPSS Statistics 18 (IBM, США). Были использованы описательные методы статистики, критерий Шапиро-Уилка для оценки распределения в выборках, параметрические методы: дисперсионный анализ для повторных измерений (с поправкой Тамхейна), Т-критерий Стьюдента для парных сравнений, корреляционный анализ Пирсона; непараметрические: критерий Вилкоксона для парных сравнений, корреляционный анализ Спирмена.

Хирургическая техника. Положение пациента на операционном столе – лежа на спине, шейный отдел позвоночника в нейтральном положении без усиления лордоза. Для исключения произвольной ротации голова фиксировалась к операционному столу с помощью самоклеящегося гипоаллергенного пластыря, при ограниченной флюороскопической визуализации нижнешейных сегментов верхний плечевой пояс и руки пациента слегка оттягивались дистально. Выполнялся классический передний левосторонний доступ к шейному отделу позвоночника по Кловарду. После флюороскопической идентификации уровня вмешательства устанавливался межтеловой дистрактор Каспара и ретрактор мягких тканей шеи. После резекции передних отделов межпозвонкового диска выполнялась тотальная микрохирургическая дискэктомия. Высота сегмента восстанавливалась с помощью межтелового дистрактора. Далее выполнялась резекция остеофитов (при наличии) задней продольной связки, одно- или двусторонняя ункофореминалотомия. После завершения этапа декомпрессии проводился подбор размера эндопротеза путём последовательной установки соответствующих шаблонов. Подтверждением удовлетворительного размера шаблона являлось его одновременное центральное положение по горизонтальной и вертикальной осям в межтеловом промежутке с размером межсуставной щели в articulatio zygapophysialis, не превышающим аналогичного параметра в смежных суставах. Данные оценивались с помощью цифровой флюороскопии в прямой и боковой проекциях после уменьшения дистракции сегмента. После завершения подбора эндопротеза дистракция сегмента восстанавливалась, протез межпозвонкового диска устанавливался с помощью специального устройства. К особенностям артропластики с использованием эндопротеза «Эндокарбон» необходимо отнести способ его имплантации в межпозвонковое пространство. Установка эндопротеза не требует предварительного выполнения специальных костных резекций, его фиксация обеспечивается механизмом «самораскрытия» с последующим плотным прилеганием к замыкательным пластинам. Адекватное положение имплантата во фронтальной и сагиттальной плоскостях подтверждалось посредством флюороскопии в двух проекциях. Ориентиром для определения глубины установки по данным флюороскопии служила

дорсальная граница тел позвонков и предполагаемая ось вращения шейного отдела. Оперативное вмешательство завершалось послойным ушиванием раны с последующей наружной фиксацией с использованием мягкого воротника типа Шанца на 3-5 дней.

Результаты исследования и их обсуждение. Всего было установлено 29 эндопротезов диска, вмешательства были проведены на уровне C_{IV}-C_V в двух случаях, C_V-C_{VI} в 15 случаях, C_{VI}-C_{VII} в 12 случаях.

Семи пациентам эндопротезирование выполнено на двух сегментах: в двух случаях имплантаты были установлены на уровнях C_{IV}-C_V и C_V-C_{VI}, в пяти других – на уровни C_V-C_{VI}, C_{VI}-C_{VII}. Для уровня C_V-C_{VI} средняя длина протеза составила 13,6 мм, ширина – 17,5 мм, высота – 5,7 мм; для уровня C_{VI}-C_{VII} средняя длина – 14 мм, ширина – 18 мм, высота – 6,2 мм.

Значения общей амплитуды (рис. 2) движений ($M^\circ \pm SD$), а также отдельно в оперированных (рис. 3), смежных краниальных (рис. 4) и каудальных (рис. 5) сегментах представлены в таблице 1. Анализ данных показал статистически значимые различия амплитуды движений в оперированных и краниальных сегментах до операции, на 3-й день после операции и через 3 месяца после операции ($p = 0,01$). Увеличение амплитуды движений оперированных сегментов отмечено преимущественно за счет разгибания ($p = 0,02$). В то же время подвижность каудальных сегментов почти не изменялась ($p = 0,2$) как в раннем послеоперационном периоде, так и через 3 месяца. При этом общая подвижность шейного отдела позвоночника статистически значимо уменьшилась в раннем послеоперационном периоде, однако в последующие три месяца не только восстановилась, но даже статистически значимо увеличилась по сравнению с исходным значением.

Таблица 1

Амплитуда движений шейного отдела позвоночника

Параметр	$M^\circ \pm SD$ (n = 29)		
	Подвижность оперированных сегментов ($p < 0,05$)		
	До операции	После операции	Через 3 мес. после операции
Амплитуда движений ($^\circ$)	$10,47 \pm 5,38$	$15,44 \pm 7,02$	$20,03 \pm 4,68$
Разгибание ($^\circ$)	$4,85 \pm 4,01$	$10,21 \pm 4,82$	$12,32 \pm 4,37$
Сгибание ($^\circ$)	$5,62 \pm 3,15$	$5,23 \pm 3,63$	$7,70 \pm 2,23$
	Подвижность краниальных смежных сегментов ($p < 0,05$)		
	До операции	После операции	Через 3 мес. после операции

Амплитуда движений (°)	14,58 ± 3,54	9,05 ± 4,78	9,98 ± 6,03
Разгибание (°)	8,83 ± 3,98	4,63 ± 2,75	5,74 ± 3,92
Сгибание (°)	5,75 ± 3,18	4,51 ± 3,75	4,43 ± 3,13
	Подвижность каудальных смежных сегментов (p > 0,05)		
	До операции	После операции	Через 3 мес. после операции
Амплитуда движений (°)	7,62 ± 3,61	7,71 ± 4,02	8,99 ± 4,76
Разгибание (°)	3,86 ± 2,17	4,05 ± 2,21	4,62 ± 2,58
Сгибание (°)	4,44 ± 3,12	3,71 ± 2,95	4,51 ± 2,99
	Общая подвижность шейного отдела (p < 0,05)		
	До операции	После операции	Через 3 мес. после операции
Амплитуда движений (°)	55,38 ± 15,81	33,88 ± 20,31	64,35 ± 15,64

Сравнительный анализ рентгенологических параметров (табл. 2) сагиттального профиля шейного отдела позвоночника до и после вмешательства на всех этапах показал отсутствие статистически значимых различий как параметра cSVA (p = 0,11), так и CL (p = 0,17).

Таблица 2

Значения cSVA и CL до и после оперативного лечения

Параметр	(Me ± SD) (n = 22)		
	До операции	После операции	Через 3 месяца после операции
CL (°)	5,5±9,61	2,1±12,95	-8,2±11,03
cSVA (мм)	21,3±9,21	19,5±4,87	20,6±4,53

В ходе анализа клинических результатов обнаружен значительный регресс болевого синдрома не только в руке (p = 0,01), но и в шее (p = 0,01), а также улучшение жизнедеятельности пациентов в послеоперационном периоде (p = 0,01). Значения NDI и ВАШ представлены в таблице 3.

Таблица 3

Значения ВАШ и NDI до и после оперативного лечения

Параметр	Me ± SD (n = 22)

	До операции	Через 3 месяца после операции
ВАШ (шея)	3,7 ± 2,42	1,1 ± 1,1
ВАШ (рука)	5,3 ± 2,69	1,1 ± 1,14
NDI	51,86 ± 14,87	35,13 ± 12,51

В ходе последующего корреляционного анализа установлена выраженная связь между интенсивностью болевого синдрома в шее и общей подвижностью шейного отдела ($r = -0,79$; $p = 0,01$), а также корреляционная связь умеренной силы ($r = 0,40$, $p = 0,03$) между выраженностью болевого синдрома в шее и общим шейным лордозом (CL°) в дооперационном периоде.

В то же время какой-либо статистически значимой связи между параметрами подвижности шейного отдела позвоночника и уровнем жизнедеятельности за всё время наблюдения за пациентами выявлено не было ($p > 0,05$).

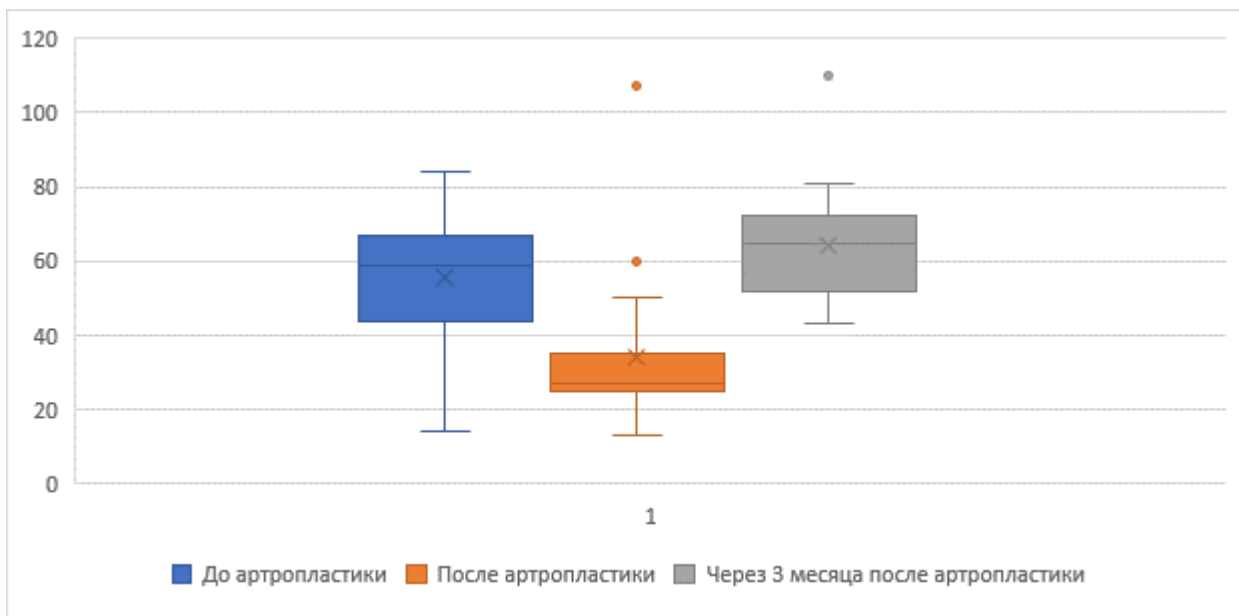


Рис. 2. Изменение общей подвижности шейного отдела позвоночника

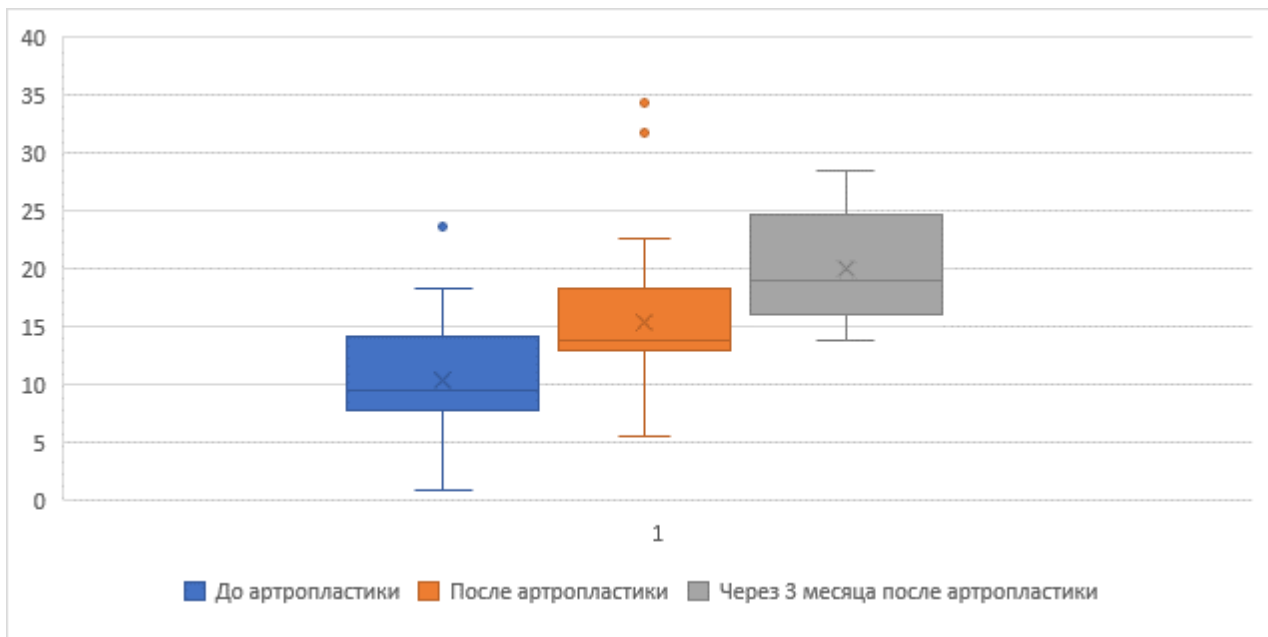


Рис. 3. Амплитуда движений оперированных сегментов

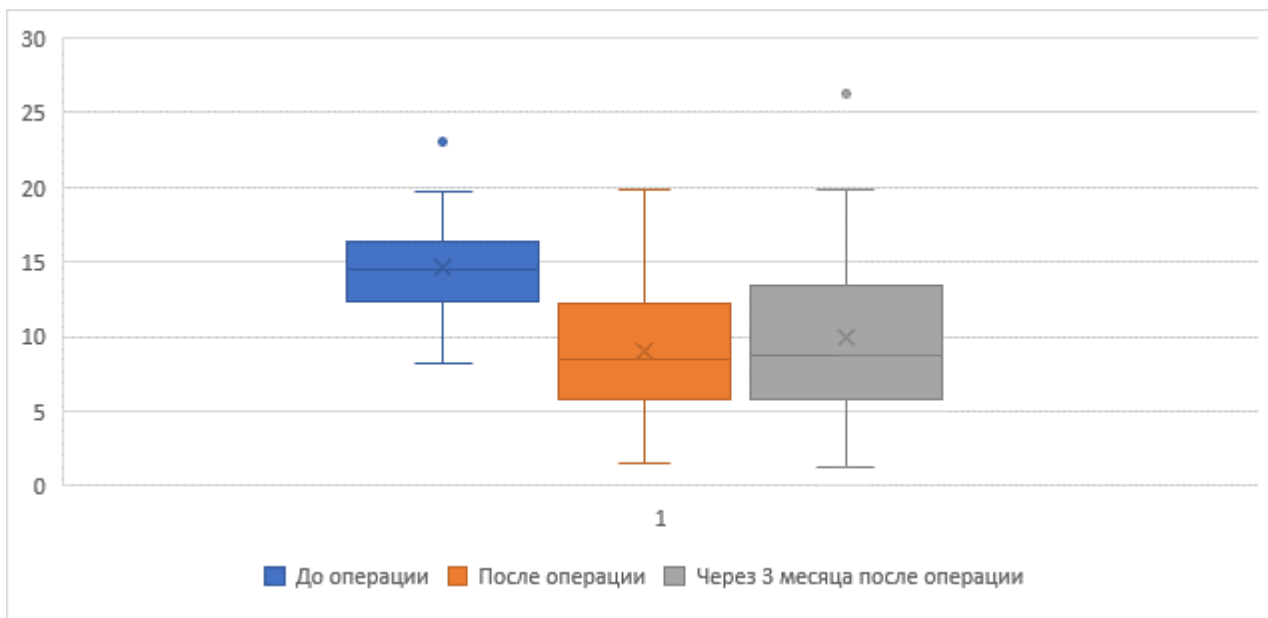


Рис. 4. Амплитуда движений краниальных смежных сегментов

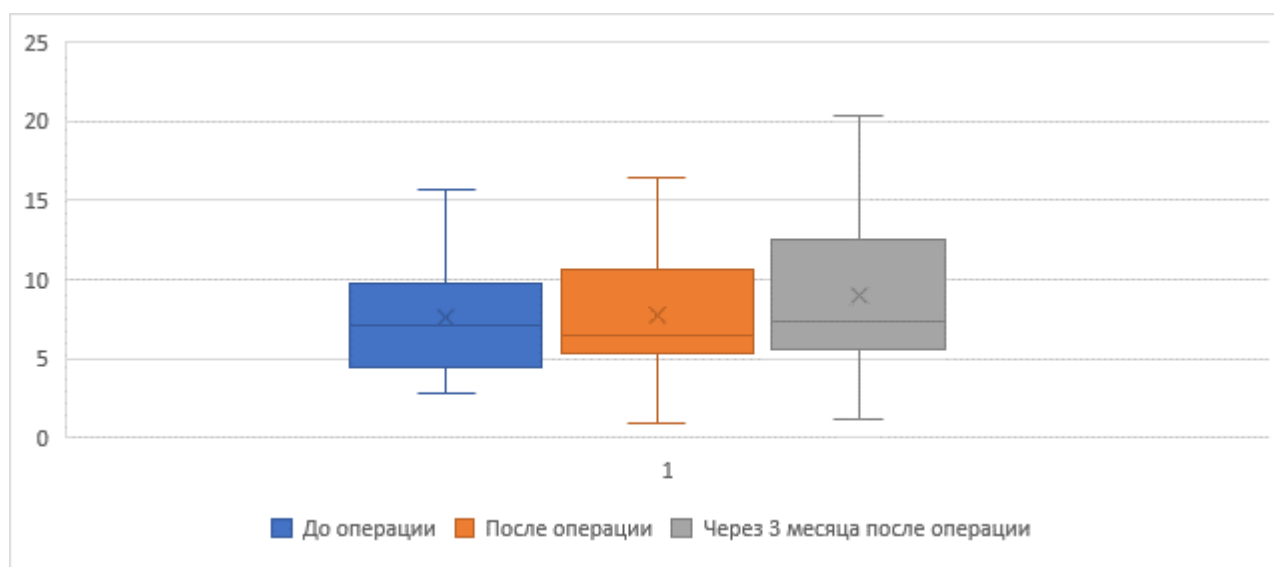


Рис. 5. Амплитуда движений каудальных смежных сегментов

Многие авторы описывают большую частоту дегенеративных изменений в сегментах C_V-C_{VI} и $C_{VI}-C_{VII}$ в средней возрастной группе пациентов. Артропластика одноименных уровней приведена в соотношении для C_V-C_{VI} - 43,3-53% и $C_{VI}-C_{VII}$ – 37-55,5% [9; 11]. По данным нашего исследования, большее число операций выполнено в той же возрастной группе ($50,3 \pm 2,5$ года) на уровне C_V-C_{VI} и $C_{VI}-C_{VII}$. Вероятно, большая частота дегенерации связана с уменьшением величины шейного лордоза и увеличением осевой нагрузки на сегменты C_V-C_{VI} и $C_{VI}-C_{VII}$ [12].

Согласно теории дегенеративного каскада, в межпозвонковых дисках инволютивные морфологические изменения представлены неравномерно в разных дисках и выполнение спондилодеза на смежном сегменте может приводить к изменению осевых параметров, ускорению уже имеющихся дегенеративных изменений в них [13; 14]. По данным одного исследования, после выполнения спондилодеза у пациентов отмечается изменение регионарных параметров сагиттального баланса и подвижности шейного отдела, повторное появление не только болевого синдрома в шее, но и радикулопатии в 25,6% на протяжении 10 лет после оперативного вмешательства [15]. Биомеханические исследования, в том числе и на анатомических моделях шейного отдела позвоночника, продемонстрировали увеличение подвижности в смежных сегментах после выполнения межтелового спондилодеза, что, возможно, приводит к прогрессированию дегенеративных изменений в них [16]. На основании представленных работ возможно предположить, что попытка сохранить (восстановить) подвижность отдельных межпозвонковых дисков путем их протезирования позволит избежать прогрессирования дегенерации смежных сегментов. В то же время Yang X. и соавт. [17] в ходе двухлетнего наблюдения не выявили корреляцию между сохранением подвижности

оперированного сегмента и развитием синдрома смежного уровня. Бывальцев В.А., Степанов А.А. и соавт. установили частоту ревизий по поводу синдрома смежного уровня (ASD) в 2,4% случаев после CDA и в 9% случаев после ACDF [18]. В свою очередь Гуца А.О., Древаль Д.В. и соавт. представили 5-летние результаты шейной артропластики у 30 пациентов, указав на отсутствие развития синдрома смежного уровня [11].

Увеличение амплитуды движений в оперированном сегменте и уменьшение в смежных было обнаружено в ряде исследований [2; 19]. Наше исследование также продемонстрировало подобные изменения: постепенное увеличение подвижности оперированных сегментов на протяжении 3 месяцев и стойкое уменьшение диапазона движений вышележащего сегмента практически сразу же после операции. В то же время каких-либо существенных изменений подвижности в нижележащем сегменте нами отмечено не было.

Применение эндопротеза позволяет изменить распределение нагрузки на шейный отдел позвоночника, но некоторые наблюдения за пациентами после CDA не подтверждают влияние артропластики на степень дегенерации смежных сегментов, из чего следует, что нельзя однозначно утверждать только о влиянии подвижности на дегенерацию межпозвонковых дисков.

В настоящее время большое значение в хирургическом лечении пациентов с дегенеративной патологией позвоночника уделяется параметрам его сагиттального профиля, так как доказано их значимое влияние на восстановление жизнедеятельности и качество последующей жизни пациентов. Установлено, что уменьшение шейного лордоза коррелирует с выраженностью болевого синдрома в шее, а также является одним из факторов, отягощающих течение шейной миелопатии [2; 19; 20]. Поэтому важным нейроортопедическим компонентом хирургии дегенеративной патологии шейного отдела позвоночника является сохранение или восстановление его лордоза, а также сбалансированного положения головы и шеи по отношению к нижележащим отделам позвоночника и таза [21; 22]. В ряде исследований были представлены результаты шейной артропластики, доказывающие улучшение таких рентгенологических параметров, как CL и cSVA [17; 23-25].

На отсутствие изменений CL и cSVA после эндопротезирования указывают другие исследователи [26; 27]. Возможная причина противоположных результатов кроется в количестве протезированных сегментов: наибольший лордоз достигается при артропластике трёх и более межпозвонковых дисков, а также при более каудальном расположении оперируемых сегментов [28].

В нашем исследовании каких-либо значимых изменений основных регионарных параметров сагиттального профиля шейного отдела позвоночника у пациентов, перенесших

одно- или двухуровневую артропластику, выявлено не было. В то же время по результатам нашего исследования показатели болевого синдром в шее и руке регрессировали, а качество жизни пациентов значимо улучшилось, что соотносится с данными других работ [2; 5; 11; 18].

Существенными ограничениями работы являются малая выборка пациентов и короткий срок послеоперационного наблюдения.

Заключение. Применение артропластики у пациентов с дегенеративной патологией 1-2 шейных сегментов не оказывает существенного влияния на параметры сагиттального профиля, однако уже в раннем послеоперационном периоде способствует увеличению подвижности оперированных сегментов и уменьшению подвижности проксимального смежного сегмента, а в более поздние сроки – регрессу вертебрального болевого синдрома, увеличению общей подвижности шейного отдела позвоночника и улучшению качества жизни.

Список литературы

1. Maharaj M.M., Mobbs R.J., Hogan J., Zhao D.F., Rao P.J., Phan K. Anterior cervical disc arthroplasty (ACDA) versus anterior cervical discectomy and fusion (ACDF): a systematic review and meta-analysis. *Journal of Spine Surgery*. 2015. vol. 1. no. 1. P. 72.
2. Coric D., Guyer R.D., Nunley P.D., Musante D., Carmody C., Gordon C., Laurysen C., Boltz M.O., Ohnmeiss D.D. Prospective, randomized multicenter study of cervical arthroplasty versus anterior cervical discectomy and fusion: 5-year results with a metal-on-metal artificial disc. *Journal of Neurosurgery: Spine*. 2018. vol. 28. no. 3. P. 252-261.
3. Zhao Y., Zhou F., Sun Y., Pan S. Single-level cervical arthroplasty with ProDisc-C artificial disc: 10-year follow-up results in one centre. *European Spine Journal*. 2020. vol. 29. no. 11. P. 2670-2674.
4. Saifi C., Fein A.W., Cazzulino A., Lehman R.A., Phillips F.M., An H.S., Riew K.D. Trends in resource utilization and rate of cervical disc arthroplasty and anterior cervical discectomy and fusion throughout the United States from 2006 to 2013. *The Spine Journal*. 2018. vol. 18. no. 6. P. 1022-1029.
5. Vaccaro A., Beutler W., Peppelman W., Marzluff J., Mugglin A., Ramakrishnan P.S., Myer J., Baker K.J. Long-term clinical experience with selectively constrained SECURE-C cervical artificial disc for 1-level cervical disc disease: results from seven-year follow-up of a prospective, randomized, controlled investigational device exemption clinical trial. *International journal of spine surgery*. 2018. vol. 12. no. 3. P. 377-387.

6. Lu Y., McAnany S.J., Hecht A.C., Cho S.K., Qureshi S.A. Utilization trends of cervical artificial disc replacement after FDA approval compared with anterior cervical fusion: adoption of new technology. *Spine*. 2014. vol. 39. no. 3. P. 249-255.
7. Гринь А.А., Холодов С.А., Алейникова И.Б. Эндопротезирование шейных межпозвонковых дисков при дискогенных компрессионных миелорадикулопатиях // *Нейрохирургия*. 2018. № 3. С. 79-87.
8. Древаль О.Н. *Нейрохирургия: лекции, семинары, клинические разборы: руководство для врачей: в 2 т./Т. 1. М.: Диттерра, 2015. 864 с.*
9. Тома А.И., Абельцев В.П., Дорохов Д.С., Тома И.А. Возможности отечественных инновационных устройств и имплантов в хирургии позвоночника. Опыт использования отечественного протеза межпозвонковых дисков " Эндокарбон" // *Кремлевская медицина. Клинический вестник*. 2018. № 3. С. 106-116.
10. Бахтадзе М.А., Вернон Г., Кузьминов К.О., Болотов Д.А., Захарова О.Б., Ситель Д.А. Индекс ограничения жизнедеятельности из-за боли в шее: оценка надежности русской версии // *Российский журнал боли*. 2013. № 2. С. 6-13.
11. Гуща А.О., Древаль М.Д., Петросян Д.В., Арестов С.О., Кашеев А.А., Вершинин А.В., Полторако Е.Н. Шейная артропластика: 5летнее наблюдение // *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2019. Т. 13. № 1. С. 26-30.
12. Михайлов А.Н., Жарнов А.М., Жарнова В.В. Рентгеноспидилометрическая характеристика биомеханики в шейных позвоночно-двигательных сегментах при вертикальном положении пациента // *Медицинская визуализация*. 2010. № 1. С. 98-103.
13. Масевнин С.В., Пташников Д.А., Михайлов Д.А., Смекаленков О.А., Заборовский Н.С., Лапаева О.А., Лэ Я., Забиула М. Роль основных факторов риска в раннем развитии синдрома смежного уровня у пациентов после спондилодеза поясничного отдела позвоночника // *Хирургия позвоночника*. 2016. Т. 13. № 3. С. 60-67.
14. Рерих В.В., Ластевский А.Д., Борзых К.О., Рахматиллаев Ш.Н. Патология смежного сегмента в отдаленном периоде после вентральной стабилизации по поводу травмы субаксиального уровня шейного отдела позвоночника // *Хирургия позвоночника*. 2014. № 4. С. 25-28.
15. Kim S.W., Limson M.A., Kim S.B., Arbatin J.J.F., Chang K.Y., Park M.S., Shin J., Ju Y.S. Comparison of radiographic changes after ACDF versus Bryan disc arthroplasty in single and bi-level cases. *European Spine Journal*. 2009. vol. 18. no. 2. P. 218-231.
16. Sawa A.G., de Andrada Pereira B., Rodriguez-Martinez N.G., Reyes P.M., Kelly B.P., Crawford N.R. In Vitro Biomechanics of Human Cadaveric Cervical Spines With Mature Fusion. *International Journal of Spine Surgery*. 2021. vol. 15. no. 5. P. 890-898.

17. Yang X., Bartels R.H., Donk R., Arts M.P., Goedmakers C.M., Vleggeert-Lankamp C. L. The association of cervical sagittal alignment with adjacent segment degeneration. *European Spine Journal*. 2020. vol. 29. no. 11. P. 2655-2664.
18. Бывальцев В.А., Степанов И.А., Калинин А.А., Алиев М.А., Аглаков Б.М., Юсупов Б.Р., Шепелев В.В. Тотальная артропластика и передняя шейная дискэктомия с фиксацией: отдаленные результаты рандомизированного клинического исследования // *Хирургия позвоночника*. 2019. Т. 16. № 1. С. 48-56.
19. Gandhi A.A., Kode S., DeVries N.A., Grosland N.M., Smucker J.D., Fredericks D.C. Biomechanical analysis of cervical disc replacement and fusion using single level, two level, and hybrid constructs. *Spine*. 2015. vol. 40. no. 20. P. 1578-1585.
20. Phillips F.M., Geisler F.H., Gilder K.M., Reah C., Howell K.M., McAfee P.C. Long-term outcomes of the US FDA IDE prospective, randomized controlled clinical trial comparing PCM cervical disc arthroplasty with anterior cervical discectomy and fusion. *Spine*. 2015. vol. 40. no. 10. P. 674-683.
21. Lin Q., Zhou X., Wang X., Cao P., Tsai N., Yuan W. A comparison of anterior cervical discectomy and corpectomy in patients with multilevel cervical spondylotic myelopathy. *European Spine Journal*. 2012. vol. 21. no. 3. P. 474-481.
22. Du W., Wang L., Shen Y., Zhang Y., Ding W., Ren L. Long-term impacts of different posterior operations on curvature, neurological recovery and axial symptoms for multilevel cervical degenerative myelopathy. *European Spine Journal*. 2013. vol. 22. no. 7. P. 1594-1602.
23. Rostami M., Moghadam N., Obeid I., Jouibari M.F., Zarei M., Moosavi M., Khoshnevisan A., Farahbakhsh F., Moosaie F., Ehteshami S. The Impact of Single-Level Anterior Cervical Discectomy and Fusion on Cervical Sagittal Parameters and Its Correlation With Pain and Functional Outcome of Patients With Neck Pain. *International Journal of Spine Surgery*. 2021. vol. 15. no. 5. P. 899-905.
24. Xu S., Liang Y., Yu G., Zhu Z., Wang K., Liu H. Exploration on sagittal alignment and clinical outcomes after consecutive three-level hybrid surgery and anterior cervical discectomy and fusion: a minimum of a 5-year follow-up. *Journal of orthopaedic surgery and research*. 2020. vol. 15. no. 1. P. 1-8.
25. Fan X.W., Wang Z.W., Gao X.D., Ding W.Y., Yang D.L. The change of cervical sagittal parameters plays an important role in clinical outcomes of cervical spondylotic myelopathy after multi-level anterior cervical discectomy and fusion. *Journal of orthopaedic surgery and research*. 2019. vol. 14. no. 1. P. 1-8.
26. Hung C.W., Wu M.F., Yu G.F., Ko C.C., Kao C.H. Comparison of sagittal parameters for anterior cervical discectomy and fusion, hybrid surgery, and total disc replacement for three levels of cervical spondylosis. *Clinical neurology and neurosurgery*. 2018. vol. 168. P. 140-146.

27. Lee J.H., Lee J.H., Lee S.H. Clinical and radiologic findings after multilevel cervical total disk replacement: defining radiologic changes to predict surgical outcomes. *World neurosurgery*. 2017. vol. 100. P. 273-279.
28. Safavi-Abbasi S., Reyes P.M., Abjornson C., Crawford N.R. Feasibility and biomechanics of multilevel arthroplasty and combined cervical arthrodesis and arthroplasty. *Clinical spine surgery*. 2016. vol. 29. no. 10. P. 522-531.