

## Оригінальна стаття = Original article = Оригинальная статья

Ukr Neurosurg J. 2020;26(3):38-43  
doi: 10.25305/unj.204079

### Порівняння ефективності ендоскопічного та відкритого трансторакального видалення пухлин тіл грудних хребців

Слинько Є.І., Деркач Ю.В.

Відділення патології спинного мозку, Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України, Київ, Україна

Надійшла до редакції 26.05.2020  
Прийнята до публікації 05.08.2020

#### Адреса для листування

Деркач Юрій Володимирович,  
Відділення патології спинного мозку, Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова, вул. Платона Майбороди, 32, Київ, 04050, Україна, e-mail: 290986@ukr.net

**Мета:** порівняти та оцінити ефективність ендоскопічного та відкритого трансторакального видалення пухлин тіл грудних хребців.

**Матеріали і методи.** Проведено одноцентрове ретроспективне когортне дослідження. Порівнювали дані двох груп хворих з пухлинами грудного відділу хребта. В першій групі (n=30) виконано відкрите трансторакальне видалення пухлин тіл грудних хребців, у другій (n=30) – лише ендоскопічне.

Критерії залучення пацієнтів: хворі будь-якої статі та віку, котрі проходили стаціонарне лікування в Інституті нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України в період з 2010 до 2020 рр.; діагноз верифіковано гістологічно та/або за допомогою нейровізуальних технологій; первинна локалізація пухлини – в тілах хребців грудного відділу хребта.

**Результати.** Безпосередньо після хірургічного втручання середня оцінка провідникової функції спинного мозку за шкалою McCormick у групі прямих хірургічних утручань становила 3,2 бала, у групі ендоскопічних – 3,3 бала, різниця статистично незначуща. Середня інтенсивність больового синдрому за візуальною аналоговою шкалою становила відповідно 4,2 і 2,5 бала, різниця статистично незначуща. У групі ендоскопічних утручань значно вищою була частота локальних рецидивів. Із 22 доступних для оцінки осіб у 11 (50%) відзначено локальний рецидив пухлини. В групі відкритих утручань рецидиви виявлено в 3 (14,2%) пацієнтів із 21 доступного для оцінки. Різниця за частотою рецидиву статистично значуща (p<0,05). На нашу думку, це пов'язано з меншою радикальністю видалення пухлин при ендоскопічних утручаннях.

**Висновки.** При ендоскопічних утручаннях статистично значущо (p<0,05): 1) більша тривалість операції; 2) менше об'єм крововтрати; 3) більший час установлення імплантатів; 4) менше частота візуалізації дурального мішка.

**Ключові слова:** пухлини тіл хребців; ендоскопічне видалення пухлин; грудний відділ хребта

### Comparison of the effectiveness of endoscopic and open transthoracic removal of tumors of the thoracic vertebrae

Ievgenii I. Slynko, Yuriy V. Derkach

Department of Spinal Neurosurgery,  
Romodanov Neurosurgery Institute,  
Kyiv, Ukraine

Received: 26 May 2020  
Accepted: 05 August 2020

#### Address for correspondence:

Yuriy V. Derkach, Department of  
Spinal Neurosurgery, Romodanov  
Neurosurgery Institute, 32 Platona  
Maiborody st., Kyiv, 04050, Ukraine,  
e-mail: 290986@ukr.net

**The aim** of the study was to compare and evaluate the effectiveness of endoscopic and open transthoracic removal of tumors of the thoracic vertebrae.

**Materials and methods.** A one-center retrospective cohort study was conducted. We compared the data of two groups each consisted of 30 patients with tumors of the thoracic spine. In the first group, open transthoracic removals of tumors of the thoracic vertebrae were performed, in the second group exclusively endoscopic.

The criteria for inclusion of patients were as follows: 1. Patients of any sex and age who underwent inpatient treatment at the State Institution "Romodanov Neurosurgery Institute of NAMSU" in the period from 2010 to 2020; 2. The diagnosis was verified histologically and/or by neuroimaging technology; 3. The primary localization of the tumor is in the thoracic spine.

**Results.** The endoscopic interventions were associated with statistically significantly (P < 0.05) 1) longer all time of operation; 2) less blood loss; 3) longer implant placement time; 4) less frequency of dural sac visualization.

Immediately after surgery, the mean score on the McCormick scale in the group of direct surgery was 3.2, in the group of endoscopic 3.3. The difference



was not statistically significant. Pain syndrome on a Visual Analogue Scale was 4.2 points in the first group, in the second — 2.5. The difference was not statistically significant.

In the group of endoscopic interventions, the frequency of local recurrences is significantly higher, out of 22 patients available for evaluation, 11 (50 %) individuals have a local recurrence of the tumor. Compared with open interventions out of 21 available for assessment, recurrences were found only in 3 patients, which is 14.2 %. The difference in the frequency of redistribution is statistically significant ( $P < 0.05$ ). We attribute this to the fact that endoscopic interventions reduce the radical removal of tumors.

**Conclusions.** At endoscopic interventions, it is statistically significantly 1) longer all time of operation; 2) less blood loss; 3) longer implant placement time; 4) less frequency of the dural sac visualization.

**Key words:** *tumors of vertebral bodies; endoscopic removal of tumors; thoracic spine*

## Сравнение эффективности эндоскопического и открытого трансстаракального удаления опухолей тел грудных позвонков

Слинько Е.И., Деркач Ю.В.

Отделение патологии спинного мозга, Институт нейрохирургии им. акад. А.П. Ромоданова НАМН Украины, Киев, Украина

Поступила в редакцию 26.05.2020  
Принята к публикации 05.08.2020

### Адрес для переписки:

Деркач Юрий Владимирович,  
Отделение патологии спинного мозга, Институт нейрохирургии им. акад. А.П. Ромоданова, ул. Платона Майбороды, 32, Киев, 04050, Украина, e-mail: 290986@ukr.net

**Цель:** сравнить и оценить эффективность эндоскопического и открытого трансстаракального удаления опухолей тел грудных позвонков.

**Материалы и методы.** Проведено одноцентровое ретроспективное когортное исследование. Сравнивали данные двух групп больных с опухолями грудного отдела позвоночника. В первой группе ( $n=30$ ) выполнено открытое трансстаракальное удаление опухолей тел грудных позвонков, во второй ( $n=30$ ) – только эндоскопическое.

Критерии включения пациентов: больные любого пола и возраста, проходившие стационарное лечение в Институте нейрохирургии им. акад. А.П. Ромоданова НАМН Украины в период с 2010 по 2020 гг.; диагноз верифицирован гистологически и/или с помощью нейровизуальных технологий; первичная локализация опухоли – в телах позвонков грудного отдела позвоночника.

**Результаты.** Непосредственно после хирургического вмешательства средняя оценка проводниковой функции спинного мозга по шкале McCormick в группе прямых хирургических вмешательств составила 3,2 балла, в группе эндоскопических – 3,3 балла, разница статистически незначима. Средняя интенсивность болевого синдрома по визуальной аналоговой шкале составила соответственно 4,2 и 2,5 балла, разница статистически незначима. В группе эндоскопических вмешательств значительно выше была частота локальных рецидивов. Из 22 доступных для оценки лиц у 11 (50%) отмечен локальный рецидив опухоли. В группе открытых вмешательств рецидивы выявлены у 3 (14,2%) пациентов из 21 доступного для оценки. Разница по частоте рецидива статистически значима ( $p < 0,05$ ). По нашему мнению, это связано с меньшей радикальностью удаления опухолей при эндоскопических вмешательствах.

**Выводы.** При эндоскопических вмешательствах статистически значимо ( $p < 0,05$ ): 1) больше продолжительность операции; 2) меньше объем кровопотери; 3) больше время установки имплантатов; 4) меньше частота визуализации дурального мешка.

**Ключевые слова:** *опухоли тел позвонков; эндоскопическое удаление опухолей; грудной отдел позвоночника*

У літературі обговорюється ефективність ендоскопічного видалення пухлин тіл хребців. Ендоскопічна методика, безсумнівно, значно полегшує хірургічне видалення пухлини. Не визначено безпечність цієї методики та її ефективність порівняно з відкритими втручанням.

**Мета:** порівняти та оцінити ефективність ендоскопічного та відкритого трансстаракального видалення пухлин тіл грудних хребців.

### Матеріали і методи

Проведено одноцентрове ретроспективне когортне дослідження. Порівнювали дані двох груп хворих з пухлинами грудного відділу хребта. В першій

групі (n=30) виконано відкрите трансторакальне видалення пухлин тіл грудних хребців, у другій (n=30) – лише ендоскопічне.

#### Критерії залучення пацієнтів:

1. Хворі будь-якої статі та віку, котрі проходили стаціонарне лікування в Інституті нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України в період з 2010 до 2020 рр.

2. Діагноз верифіковано гістологічно та/або за допомогою нейровізуальних технологій.

3. Первинна локалізація пухлини – в тілах хребців грудного відділу хребта.

Дані щодо розподілу груп за статтю наведено на

**Рис. 1.** Вік хворих – від 43 до 66 років.

В обох групах спостережень найбільше хворих було з пухлинами на рівні Th7 хребців (**Табл. 1**).

У більшості випадків в обох групах переважали пацієнти з метастатичними карциномами (**Табл. 2**).

Усі хворі дали письмову згоду на обстеження та використання у наукових дослідженнях даних, наведених в історії хвороби.

Проведення дослідження затверджене Комісією з етики та біоетики Інституту нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України (протокол №3 від 6 червня 2016 р).



**Рис. 1.** Розподіл груп за статтю

**Таблиця 1.** Розподіл спостережень за рівнем ураження пухлиною тіл грудних хребців

Рівень ураження	Кількість спостережень			
	Відкриті втручання		Ендоскопічні втручання	
	Абс.	%	Абс.	%
Th3	2	7,0	1	3,0
Th4	4	13,0	2	7,0
Th5	5	17,0	4	13,0
Th6	5	17,0	7	23,0
Th7	7	23,0	8	27,0
Th8	4	13,0	6	21,0
Th9	2	7,0	1	3,0
Th10	1	3,0	1	3,0
Усього	30	100,0	30	100,0

**Таблиця 2.** Розподіл пухлин за гістологічною ознакою

Тип пухлини	Відкриті втручання	Ендоскопічні втручання
Хондросаркома	1	2
Остеохондрома	2	1
Саркома	4	3
Остеосаркома	1	0
Хондросаркома	1	2
Остеома	2	2
Остеобластокластома	2	1
Лімфома	2	1
Мієлома	7	8
Метастатична карцинома	8	10
Усього	30	30

#### Дизайн дослідження

##### Порівняння ендоскопічної техніки з відкритою

При виконанні торакоскопічного як прямого, так і ендоскопічного доступу, з легені на іпсилатеральному боці крізь двоохпросвітну інтубаційну трубку тимчасово викачували повітря. Легені колабували, досягали передньої поверхні хребта. Один ендоскопічний портал використовували для ендоскопа. Зазвичай його діаметр становив близько 1 см. Три вхідних порти використовували для розміщення робочих інструментів. При відкритих втручаннях використовували передньобічну торакотомію. За допомогою торакоскопії був можливий доступ до всього грудного відділу хребта (від Th1 до Th12), але зазвичай найзручнішими були хребці Th3–Th10. При відкритих втручаннях можливо було досягти хребців Th1–Th12, але для доступу до хребців Th1–Th2 потрібні були бічні субаксіальні доступи, а до хребців Th11–Th12 – відсічення діафрагми, тому ці рівні з даного дослідження вилучили.

Ендоскопічна послідовність хірургічних етапів дисекції м'яких тканин та хребта не відрізнялася від таких у разі відкритого трансторакального видалення пухлин тіл хребців. Ендоскопічна послідовність декомпресії спинного мозку була ідентична такій у разі торакотомії. Під час декомпресії спинного мозку для ідентифікації твердої мозкової оболонки та спинного мозку на рівні компресії виконували резекцію кореня дуги. За допомогою кюреток, ложок які проходять крізь робочий портал ендоскопа, видаляли вражене тіло хребця і проводили декомпресію спинного мозку. Для фіксації хребта використовували титанову перфоровану трубку, яку вводили крізь портал ендоскопа, який відповідав її діаметру. Трубку встановлювали замість тіла хребця. На тіла хребців вище та нижче за вражений установлювали титанову пластину та фіксували до тіл шурупами. Пластину підбирали таким чином, щоб вона могла пройти крізь канал ендоскопічного порталу.

##### Методи оцінки результатів

Усім хворим під час госпіталізації та при виписці зі стаціонару обов'язково проводили динамічне

неврологічне дослідження. Клініко-неврологічне обстеження пацієнтів передбачало оцінку провідникової функції спинного мозку за шкалою McCormick (MC). Інтенсивність больового синдрому оцінювали за візуальною аналоговою шкалою (ВАШ) під час госпіталізації, перед хірургічним втручанням, після операції та в динаміці.

Крім стандартних методів нейровізуалізації (магнітно-резонансна томографія (МРТ), мультиспіральна комп'ютерна томографія (МСКТ)), за наявності компресії аорти чи потреби у точнішій візуалізації аорти та міжхребцевих артерій, парної та напівпарної вен використовували, МСКТ з ангиографією (n=5), селективну ангиографію (АГ, n=3). Після аналізу даних інструментальних методів дослідження обирали доступ для видалення пухлини. Це дало змогу уникнути в усіх випадках пошкодження аорти та сегментарних артерій.

Проводили оцінку тривалості операції, часу, витраченого на встановлення імплантатів, радикальності видалення пухлин, об'єму крововтрати, кількості ускладнень (гемоторакс, поглиблення неврологічного дефіциту).

Із результатів лікування враховували результат локального контролю пухлини і частоту локальних рецидивів пухлини. Повний регрес неврологічної симптоматики та болю розцінювали як значне поліпшення, частковий регрес – як часткове поліпшення.

Для об'єктивізації ступеня компресії структур спинного мозку застосовували класифікацію виразності епідуральної компресії (ESCC, 2011), яка ґрунтується на оцінці аксіальних T2-зважених МРТ-зображень місця найбільш грубої компресії. Ця класифікація містить 4 ступеня: 1 – відсутність компресії спинного мозку, 2а – поширення в епідуральний простір без деформації дурального мішка, 2б – поширення в епідуральний простір із деформацією дурального мішка, але без ознак компресії спинного мозку, 2в – деформація дуального мішка з ознаками компресії спинного мозку, 3 – компресія спинного мозку зі збереженням резервних лікворних просторів, 4 – компресія спинного мозку без збереження резервних лікворних просторів.

Проводили порівняльну оцінку кількості рецидивів і тривалості періоду без рецидиву пухлини. Вивчення віддаленого метастазування в інші структури не було метою цього дослідження.

Мінімальний катамнез після операції становив 1 тиждень, максимальний – 87 міс. Середня тривалість віддаленого періоду спостереження – (29,4±4,1) міс.

#### Статистичний аналіз

Статистичну обробку матеріалу виконували за допомогою пакета статистичних програм Statistica 10.0 StatSoft Inc. USA. Для опису груп спосте-

реження використовували описову статистику: розраховували середнє арифметичне, похибку середнього арифметичного та стандартну похибку середнього. Застосовували крос-табуляцію (поділ вибірки на групи відповідно до значення двох або більше змінних): склали таблиці спряженості для представлення сумісного розподілу змінних та вивчення зв'язку між ними. Для розрахунку кількісного значення зв'язку між змінними проводили кореляційний аналіз – розраховували парну лінійну кореляція Пірсона. Для з'ясування статистичної значущості розбіжності між двома вибірками застосовували двовибірковий t-критерій для незалежних вибірок та непараметричний критерій  $\chi^2$  для якісних змінних. Відмінності між показниками вважали значущими у разі  $p < 0,05$ .

#### Результати та обговорення

За шкалою McCormick до оперативного втручання середній бал у групі прямих хірургічних утручань становив 3,8, у групі ендоскопічних утручань – 3,9, різниця статистично незначуща. Середня інтенсивність больового синдрому за ВАШ становила відповідно 7,4 і 7,6 бала, різниця статистично незначуща (Табл. 3). Стан більшості пацієнтів був тяжким, про що свідчила наявність неврологічного дефіциту, вираженого больового синдрому та значна епідуральна компресія.

Установлено, що при ендоскопічних втручаннях статистично значущо ( $p < 0,05$ ): 1) більше тривалість операції; 2) менше об'єм крововтрати; 3) більший час встановлення імплантатів; 4) менше частота візуалізації дурального мішка. При ендоскопічних утручаннях також менша радикальність видалення пухлин, але різниця статистично незначуща (Табл. 4).

При порівнянні стану хворих безпосередньо після хірургічного втручання за показниками McCormick, ВАШ, ESCC значної різниці між відкритим чи ендоскопічним способом втручання не виявлено (Табл. 5).

Положення систем фіксації в усіх випадках було задовільним, тому його оцінку не проводили.

У віддалений період між групами ендоскопічних та відкритих утручань суттєвої різниці за частотою провідникових порушень, ступенем епідуральної компресії та інтенсивністю больового синдрому не було (Табл. 6).

При порівнянні даних, отриманих безпосередньо після операції та у віддалений період, установлено, що у віддалений період дещо збільшився ступінь епідуральної компресії, що пов'язано з локальним рецидивом пухлин.

Після виписки пацієнтам відповідно до показань проводили опромінення, хіміотерапію і таргетну терапію. У віддалений період аналізували лише дані

Таблиця 3. Стан хворих до операції

Показник	Відкриті втручання (n=30)	Ендоскопічні втручання (n=30)	p
Оцінка за шкалою McCormick, бал	1-5 (3,8±1,1)	1-5 (3,9±1,2)	0,951
Оцінка больового синдрому за ВАШ, бал	1-10 (7,4±1,7)	1-10 (7,6±1,5)	0,930
Ступінь епідуральної компресії за ESCC (2011)	1-4 (3,5±0,9)	1-4 (3,6±0,8)	0,934

Примітка. Наведено мінімальний та максимальний показники, у дужках – середнє арифметичне та стандартна похибка середнього.

**Таблиця 4.** Хірургічні показники

Показник	Відкриті втручання (n=30)	Ендоскопічні втручання (n=30)	p
Тривалість усієї операції, хв	176–390 (280,0±9,2)	250–480 (330,0±5,2)	<0,001
Об'єм крововтрати, мл	200–2500 (800,0±15,7)	100–1200 (280±9,5)	<0,001
Тривалість установлення імплантатів, хв	15–45 (32,0±2,9)	45–125 (55,0±3,4)	<0,001
Частота візуалізації дурального мішка	28	14	<0,001
Радикальність видалення пухлини, %	70–100 (87±8,4)	50–80 (73±5,2)	0,162

Примітка. Наведено мінімальний та максимальний показники, у дужках – середнє арифметичне та стандартна похибка середнього.

**Таблиця 5.** Стан хворих безпосередньо після хірургічного втручання

Показник	Відкриті втручання (n=30)	Ендоскопічні втручання (n=30)	p
Оцінка за шкалою McCormick, бал	1–4 (3,2±1,4)	1–4 (3,3±1,6)	0,963
Оцінка больового синдрому за ВАШ, бал	1–7 (4,2±2,1)	1–7 (3,1±1,7)	0,685
Ступінь епідуральної компресії за ESCC (2011)	1–2 (1,8±0,9)	1–3 (2,5±1,4)	0,676

Примітка. Наведено мінімальний та максимальний показники, у дужках – середнє арифметичне та стандартна похибка середнього.

**Таблиця 6.** Стан хворих у віддалений період після хірургічного втручання

Показник	Відкриті втручання (n=30)	Ендоскопічні втручання (n=30)	p
Оцінка за шкалою McCormick, бал	1–3 (2,7±0,8)	1–3 (2,9±1,2)	0,890
Оцінка больового синдрому за ВАШ, бал	1–5 (3,1±0,8)	1–5 (2,5±1,2)	0,679
Ступінь епідуральної компресії за ESCC (2011)	1–2 (1,9±1,7)	1–3 (2,9±1,8)	0,688

Примітка. Наведено мінімальний та максимальний показники, у дужках – середнє арифметичне та стандартна похибка середнього.

**Таблиця 7.** Кількість випадків рецидиву пухлини у віддалений період після хірургічного втручання залежно від виду пухлини та методу втручання

Вид пухлини	Відкриті втручання			Ендоскопічні втручання		
	До операції	Доступні хворі	Рецидив	До операції	Доступні хворі	Рецидив
Хондросаркома	1	1	1	2	2	2
Остеохондрома	2	1	0	1	0	0
Саркома	4	2	1	3	2	2
Остеосаркома	1	1	1	0	0	0
Хондросаркома	1	0	0	2	1	1
Остеома	2	1	0	2	1	0
Остеобластокластома	2	1	0	1	1	0
Лімфома	2	2	0	1	0	0
Міелома	7	5	0	8	7	3
Метастатична карцинома	8	7	0	10	8	3
Усього	30	21	3	30	22	11

Примітка: доступні – хворі, яким проводили комп'ютерну та/або магнітно-резонансну томографію у віддалений період; рецидив – локальні рецидиви пухлини, виявлені у доступних хворих.

щодо частоти рецидивів у місці проведення оперативного втручання.

У групі ендоскопічних утручань була значно більшою частота локальних рецидивів. Так, із 22 доступних для оцінки хворих в 11 (50%) встановлено рецидив пухлини. В групі відкритих утручань рецидиви виявлено в 3 (14,2%) пацієнтів із 21 доступного для оцінки. Різниця за частотою рецидиву статистично значуща ( $p < 0,05$ ). На нашу думку, це пов'язано з меншою радикальністю видалення пухлин при ендоскопічних утручаннях (**Табл. 7**).

Останнім часом дедалі частіше застосовують ендоскопічні втручання [1], перевагами яких є менша хірургічна рана, менший об'єм крововтрати, швидша реабілітація хворих. Сучасні хірургічні технології за радикальністю досягли рівня традиційних утручань [2]. Проте не всі пухлини доступні ендоскопічному видаленню. Найскладнішими пухлинами для застосування ендоскопічних утручань є пухлини тіл хребців з компресією спинного мозку [3]. Глибина рани, наявність легень, аорти, парної та напівнепарної вен, масивні кісткові структури суттєво обмежують застосування ендоскопічних утручань [4]. Останнім часом є спроби використання ендоскопічних технік для видалення пухлин тіл хребців [5]. Головна перевага ендоскопічних утручань – мала травматичність. Отримані нами дані переконливо свідчать, що ендоскопічне видалення пухлин тіл хребців та відповідна фіксація можуть успішно конкурувати з відкритими втручаннями попри їх меншу радикальність та більшу частоту рецидивів.

### Висновки

Як відкриті оперативні втручання, так і ендоскопічні, дали змогу видалити пухлини тіл хребців, провести декомпресію спинного мозку, а отже, зменшити неврологічні вияви та вираженість болювого синдрому. Статистично значущої різниці за ступенем регресу неврологічних виявів між групами не виявлено.

При ендоскопічних утручаннях статистично значущо ( $p < 0,05$ ): більша тривалість операції; 2) менше об'єм крововтрати; 3) більший час встановлення імплантатів; 4) менша частота візуалізації дурального мішка.

У віддалений післяопераційний період дещо збільшився ступінь епідуральної компресії, що пов'язано з локальним рецидивом пухлин.

Положення систем фіксації в усіх випадках після операції було задовільним.

У групі ендоскопічних утручань значно більшою була частота локальних рецидивів. Це пов'язано з тим, що при ендоскопічних утручаннях менше радикальність видалення пухлин.

### Розкриття інформації

#### Конфлікт інтересів

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

#### Етичні норми

Всі процедури, виконані пацієнтам в ході дослідження, відповідають етичним стандартам інституційного і національного комітетів з етики та Гельсінській декларації 1964 року і її пізнішим поправкам або аналогічним етичним стандартам. Проведення дослідження затверджене Комісією з етики та біоетики Інституту нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України (протокол №3 від 6 червня 2016 р).

#### Інформована згода

Від кожного з пацієнтів отримана інформована згода.

#### Фінансування

Дослідження не мало спонсорської підтримки.

### References

1. Hasan S, Härtl R, Hofstetter CP. The benefit zone of full-endoscopic spine surgery. *J Spine Surg.* 2019 Jun;5(Suppl 1):S41-S56. doi: 10.21037/jss.2019.04.19. PMID: 31380492; PMCID: PMC6626753.
2. Puvanesarajah V, Lina IA, Liauw JA, Lo SF, Elder BD, Wolinsky JP, Bydon A, Sciubba DM, Gokaslan ZL, Witham TF. Systematic Approach for Anterior Corpectomy through a Transthoracic Exposure. *Turk Neurosurg.* 2016;26(4):646-52. doi: 10.5137/1019-5149.JTN.15271-15.1. PMID: 27400115.
3. Li C, Ye Y, Gu Y, Dong J. Minimally invasive resection of extradural dumbbell tumors of thoracic spine: surgical techniques and literature review. *Eur Spine J.* 2016 Dec;25(12):4108-4115. doi: 10.1007/s00586-016-4677-z. PMID: 27371333.
4. Ziu M, Traylor JI, Paxman J, Gorrebeeck A, Fortes DL. Utilizing Stereotactic Spine Navigation for Posterior Partial Vertebrectomy in an En Bloc Resection of a Superior Pulmonary Sulcus Tumor Invading the Thoracic Vertebrae: A Technical Note. *Cureus.* 2018 Sep 14;10(9):e3303. doi: 10.7759/cureus.3303. PMID: 30456002; PMCID: PMC6239614.
5. Trobisch PD, Verma K. Vertebral body replacement by posterior approach for metastatic disease in the thoracic spine--modified technique using an expandable cage. *Oper Orthop Traumatol.* 2015 Jun;27(3):270-80. doi: 10.1007/s00064-014-0321-4. PMID: 25519037.