

LUMBAR FORAMINAL STENOSIS (REVIEW ARTICLE)

Municipal «Enterprise Rivne Regional Clinical Hospital, named after Yuriy Semenyuk» (Rivne, Ukraine)
mishadus1997@gmail.com

Foraminal lumbar spinal stenosis has been a social problem relevant for many decades. This pathology usually arises due to degenerative-dystrophic diseases of the spine. It is characterized by a pathological reduction of the intervertebral foramen through which the nerve root of the corresponding segment exits. We conducted a review of the literature on the problems of foraminal stenosis and the methods of its treatment. Knowledge of the anatomy and pathogenesis of this nosology is significant for determining treatment tactics and the scope of surgical intervention. Causes of foraminal stenosis can be both congenital and acquired conditions. The most common are degenerative phenomena of the arcuate joint and intervertebral disc, spondylolisthesis, scoliosis, and intervertebral disc extrusion. The main link of the pathogenesis is the instability of the vertebral-movable segment, which leads to subluxation of the upper articular process and the development of hypertrophy of the arcuate joint. The primary treatment method is conservative therapy, which includes non-steroidal anti-inflammatory drugs, gabapentin and vitamin preparations. However, in the absence of a clinical effect, blockade of steroid drugs or placement of an epidural catheter is indicated. Endoscopic foramenotomy and laminectomy through translaminar access are promising directions of operative surgical techniques. Due to their minimal trauma, small intraoperative blood loss, and early rehabilitation, these techniques are gaining wide popularity among spinal surgeons. It is worth noting that with these techniques, setting up a cage and stabilizing the vertebral-movable segment minimally invasively is possible. Open-type operations lose their relevance due to high trauma; however, in the presence of concomitant central stenosis, spondylolisthesis, and degenerative scoliosis, there is a need for their use.

Key words: foraminal stenosis.

Connection of the publication with planned research works.

This scientific article results from the practical activity of the regional center of orthopedics, traumatology, and vertebrology of Municipal Enterprise «Rivne Regional Clinical Hospital, named after Yuriy Semenyuk».

Introduction.

Foraminal stenosis of the lumbar spine is a pathological condition characterized by the narrowing of the intervertebral foramen due to compression by extrusion or degenerative changes of the intervertebral disc, arcuate joint, ligaments, or bones. As a result of the reduction of the intervertebral foramen, compression of the nerve root occurs, which causes such complaints as pain, tingling or numbness in the limb, muscle weakness or impaired walking. This pathology is one of the leading causes of disability among the population [1]. It is worth noting that spinal canal stenosis is a nosology often diagnosed, especially in people of the older age group, and appropriate treatment is carried out [2]. At that time, the pathology of the intervertebral foramen is often neglected, and timely diagnosis and therapy are not used. However, Boden et al. [3] indicate that many patients aged 60 and over have signs of foraminal stenosis.

The aim of the study.

To analyze the causes and pathogenesis of foraminal stenosis of the lumbar spine, to analyze conservative and operative methods of treatment of foraminal stenosis, and to determine their indications and effectiveness.

Main part.

Anatomy. The intervertebral foramen is formed by the body of the vertebra, the pedicle, the upper and lower articular processes, the yellow ligament, and the arcuate joint. The shape of the foramen can be oval or drop-shaped, the average height of which is 19.4 mm (15.5-24.2 mm), and the width is 8.8 mm (6.4-12.3 mm)

[4]. The fifth lumbar root occupies 25-30% of the foraminal space, while other lumbar roots – from 7% to 22% [5]. The dorsal root ganglion of the L5 lumbar root is, in most cases, located intraforaminal (75%), but the localization can be intraspinal (10%) as well as extraforaminal (6%) [6]. The intervertebral opening is stabilized with the help of transforaminal and corporetransverse ligaments, which occupy about 30% of the opening area [7]. According to Uchikado H. [8], the following ligaments are present in the intervertebral foramen: lower and upper corporepedicular, upper, middle and lower transforaminal, and intraforaminal ligaments (**fig. 1**).

According to Lee's classification, the intervertebral foramen is divided into three zones: 1) the lateral recess zone (from the dura mater to the medial edge of the vertebral pedicle); 2) the middle zone (from the medial edge of the pedicle to its centre); 3) exit zone (from the centre of the vertebral pedicle to the lateral edge of the arcuate joint) (**fig. 2**) [9].

A significant anatomical landmark of the safe zone of endoscopic surgical techniques is the Kambin zone [10], formed by the closing plate of the lower vertebra, the foraminal part of the upper articular process and the line in the projection of which the exiting root passes.

Causes of foraminal stenosis development.

The causes of the development of this pathology are divided into two categories: acquired, which is the most common, and congenital. Congenital causes include:

- achondroplasia (this hereditary human disease is manifested by a defect in enchondral ossification, which most often leads to spinal canal stenosis);
- spinal dysraphism;
- osteopetrosis, which is often associated with stenosis of the spinal canal and intervertebral foramen.

Acquired conditions associated with foraminal stenosis:

- extrusion of the intervertebral disc, which is located foraminal and causes compression of the nerve root (**fig. 3**);
- degenerative changes of the intervertebral disc;
- spondylolisthesis;
- scoliosis;
- hypertrophy of the yellow ligament;
- arthrosis and hypertrophy of arcuate joints;
- hypertrophy of the vertebral pedicle [11];
- arcuate joint cyst;
- osteophytes;
- compression fractures of vertebral bodies;
- ankylosing spondylarthritis;
- post-traumatic foraminal stenosis;
- tumour-like formations of the area of the intervertebral foramen;
- hypertrophy of transforaminal ligaments and their ossification;
- postoperative foraminal stenosis.

Pathogenesis of foraminal stenosis.

With degenerative changes in the intervertebral discs of the lumbar spine, their height decreases, which causes subluxation of the upper articular process [12]. In the future, it leads to the formation of osteophytes of the intervertebral foramen and hypertrophy of the yellow ligament, which reduce the size of this foramen. These changes lead to instability in this spine segment, which only worsens the condition of the intervertebral foramen and contributes to hypertrophy of arcuate joints and ruptures of the fibrous ring [13]. The reasons can also be mechanical factors such as compression fractures and extra- or intraforaminal extrusions of the intervertebral discs, which cause a sudden mechanical narrowing of the intervertebral foramen.

The inflammatory process also plays a significant role, which is concomitant with the above factors. Oedema, deposition of fibrin and granulation tissue lead to coalescence of adipose tissue and fibrosis. Equally important is the thickening of the transforaminal ligaments due to their calcification and ossification during the inflammatory process [14].

Another pain mediator is the dorsal root ganglion, which consists of nociceptors containing neuropeptides (substance P, proinflammatory cytokines). With persistent pain signals, Schwann cells and glial cells produce proinflammatory cytokines and proteins that change the activity of neurons. In the future, this leads to the appearance of neuropathic pain, which can continue even after the cessation of the inflammatory process [15] and also cause certain mental disorders [16].

Clinical manifestations.

Degenerative narrowing of the intervertebral foramen is a gradual process, the outcome of which is unpredictable. This pathology can lead to the appearance of clinical signs or, on the contrary, be asymptomatic. The onset of clinical manifestations is gradual and may be manifested by pain radiating from the lumbar spine down to the lower limb, tingling, numbness, stiffness, heaviness, decreased muscle strength of the limbs, spasms in the back and buttocks when patients are in a sitting position or when walking.

When the dorsal nerve ganglion is involved in the inflammatory process, the nature of the pain changes and

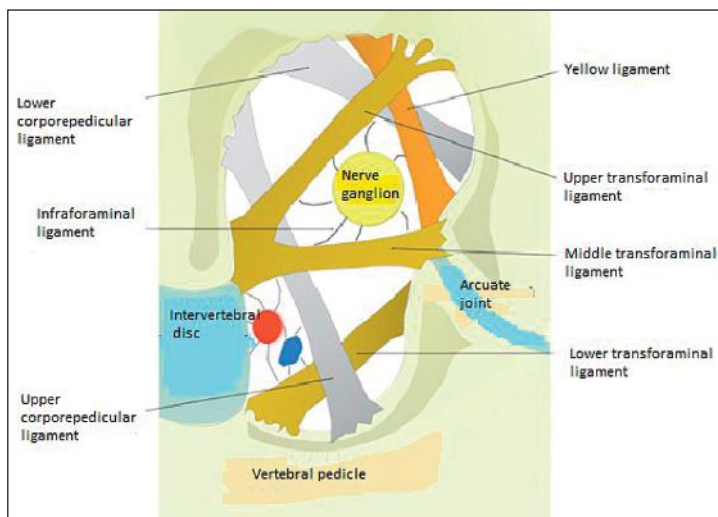


Figure 1 – The structure of the ligamentous apparatus of the intervertebral foramen.

begins to manifest itself as a sharp, shooting, stabbing pain that resembles more central pain, accompanied by allodynia, hyperalgesia, and hyperesthesia [17].

The pain decreases when the intervertebral foramen increases, namely when bending the back, which reduces the compression of the nerve root. In the future, the development of impaired walking, restriction of movements and disorders of the function of the pelvic organs is possible. At an older age, the course of the disease can be asymptomatic and detected only during instrumental studies [18].

Treatment.

In the case of degenerative processes of the intervertebral foramen, conservative therapy is indicated as the first line of treatment. In the future, in the absence

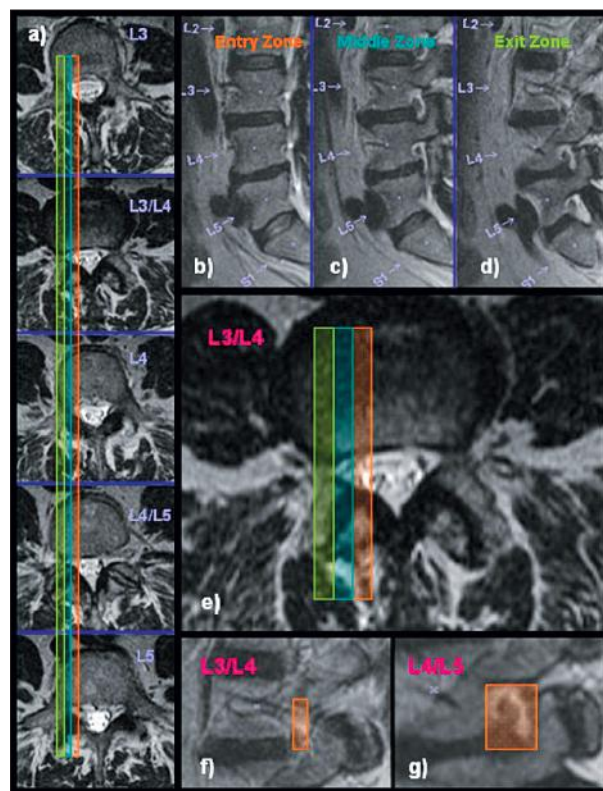


Figure 2 – Classification of zones of the intervertebral foramen according to Lee.

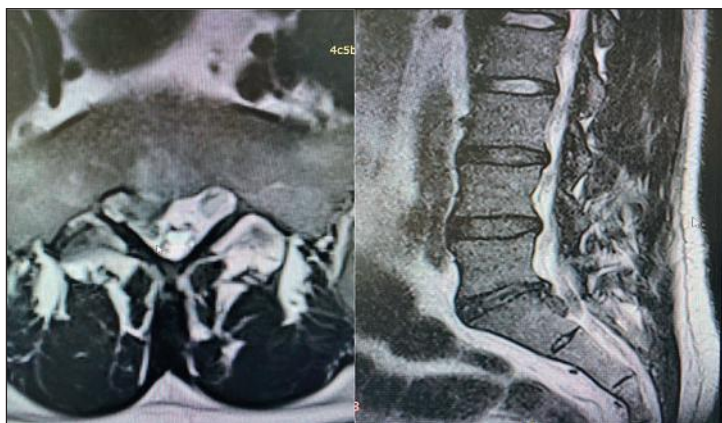


Figure 3 – Extrusion of the intervertebral disc of the L5-S1 segment with compression of the nerve root in the area of the lateral recess.

of a clinical effect, it is possible to use injections of steroid drugs, placement of an epidural catheter, epiduroscopy, radiofrequency ablation, endoscopic and open interventions.

1. Conservative therapy.

Prescribing non-steroidal anti-inflammatory drugs with gabapentin and vitamin preparations benefits patients with mild to moderate pain syndrome. Bed rest and exercise after the end of the acute period are also recommended. In severe pain, it is necessary to use non-opioid analgesics (tramadol). Opioid analgesics are recommended to be used for a short period, as there is a risk of side effects after stopping these medications. Combining gabapentin with opioid analgesics is not recommended due to the relatively high risk of death [19]. For neuropathic pain, a combination of analgesics with gabapentin or antidepressants should be used.

2. Physical exercises and lifestyle changes.

A physical rehabilitation program is effective in combination with drug treatment. Exercises to strengthen the back muscles and manual therapy techniques help to reduce the phenomena of instability, thereby slowing down the development of stenosis. In addition, it is essential to reduce the loads in people who perform heavy physical work, especially lifting and transporting heavy objects.

3. Injection of a steroid drug.

Foraminal or epidural blockade are widely used methods that achieve a good anti-inflammatory effect due to the inhibition of phospholipase-2 and neural con-

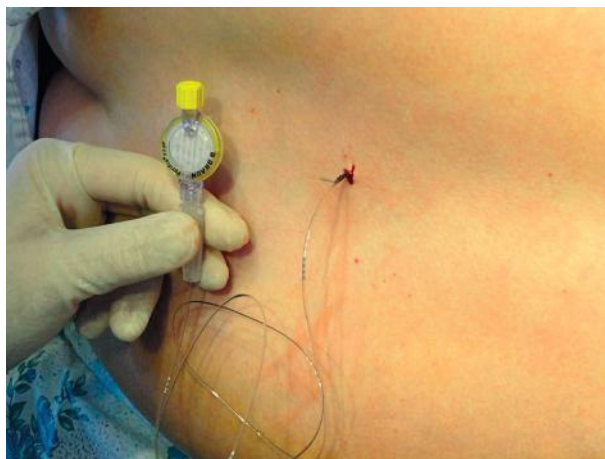


Figure 4 – Placement of an epidural catheter.

duction of nociceptive cell impulses [20], stabilization of cell membranes, suppression of the immune response, and enhancement of neural blood flow. The epidural injection helps to wash out pro-inflammatory substances and reduce fibrolysis in the epidural space. It is worth noting that the foraminal blockade is more effective when applied early since the narrowing of the intervertebral foramen, swelling of soft tissues, and fibrous adhesion can reduce the effect of this procedure.

4. Percutaneous epidural lysis of adhesion.

This technique involves the placement (**fig. 4**) of an epidural catheter and the introduction of drugs that stop the inflammatory process and reduce the number of fibrotic adhesions in the epidural space. There are two types of fibrotic adhesions: loose and dense. This procedure is more effective for loose adhesions [21]. With failed back surgery syndrome, the treatment results with epidural adhesiolysis are quite successful [22]. Application of this procedure is also possible through transforaminal [23]. However, it is necessary to consider the contraindications to this access carefully because there is a risk of damage to nerve structures during catheter placement.

5. Balloon adhesiolysis.

This type of surgery is performed using a Fogarty catheter. The catheter is inserted transforaminal into the lateral recess, and the balloon is inflated to eliminate fibrotic adhesions. Possible combination with foraminotomy, which showed promising results [24]. However, with the narrowing of the intervertebral foramen, osteophytes, and hypertrophy of the arcuate joints, there is a risk of damage to the exiting root or dorsal nerve ganglion, which may even cause worsening clinical symptoms.

6. Epiduroscopy.

With this procedure's help, the doctor can examine the epidural space and perform the release of fibrotic adhesions. The advantages of this technique are its informativeness and effectiveness, since during percutaneous epidural adhesiolysis, there may be difficulties in removing dense fibrotic adhesions; during epiduroscopy, the surgeon can perform their effective release, as well as introduce anti-inflammatory drugs aimed at the inflamed areas. In addition, it is possible to examine the level of pathology, the degree of the inflammatory process and fibrotic adhesions with the help of a video camera [25] installed on a guided catheter. However, the cost, postoperative complications and technical difficulties do not allow this manipulation to be widely used [26].

7. Radiofrequency ablation.

Ablation of the dorsal nerve ganglion helps to reduce neuropathic pain refractory to conservative treatment or steroid injections [27]. This procedure takes place under the control of an electronic-optical converter and is relatively safe [28] for nervous structures. This minimally invasive intervention aims to change transmembrane potentials, which leads to long-term suppression of nerve ganglion activity, thereby eliminating or reducing the intensity of neuropathic pain [29, 30].

8. *Transforaminal endoscopic microdiscectomy or foramenotomy.*

This type of surgical technique allows extraction of foraminal or extraforaminal extrusion, which causes nerve root compression, and also, with concomitant foraminal stenosis, to perform foramenotomy [31]. Endoscopic laminectomy in a translaminar way allows foraminaloplasty to be performed, that is, to remove the bone structures that compress the root and its ganglion, which, according to many authors, is quite successful [32]. The advantages of these types of interventions are their minimal invasiveness, minor trauma to the body, the possibility of early patients activation, reduced blood loss, the possibility of anaesthesia under local anaesthesia and the option of clear intraoperative visualization of nerve structures (**fig. 5**), which reduces the risk of their damage. However, for the successful performance of the above interventions, an appropriate level of the surgeon's qualifications, a clear understanding of anatomy, and a careful selection of patients are required.

9. Open operations by setting up a cage.

These operative techniques are rarely used in foraminal stenosis as an independent pathology. More frequent indications for open interventions are degenerative phenomena of the spinal canal with central stenosis, hypertrophy of arcuate joints, degeneration of intervertebral discs, spondylolisthesis, and deformations

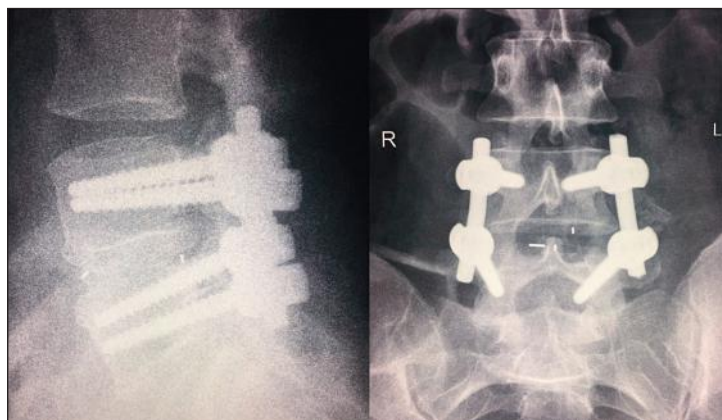


Figure 6 – Stabilization of L4-L5 segments with transforaminal cage placement.

combined with foraminal stenosis. Prosthesis of the intervertebral disc – cage can be placed from the back, front, or side approaches (**fig. 6**). Each technique has its indications and contraindications. However, these operations aim to mechanically eliminate all factors of compression of nerve structures, increase the size of the intervertebral foramen, replace the degeneratively changed intervertebral disc, correct the deformation

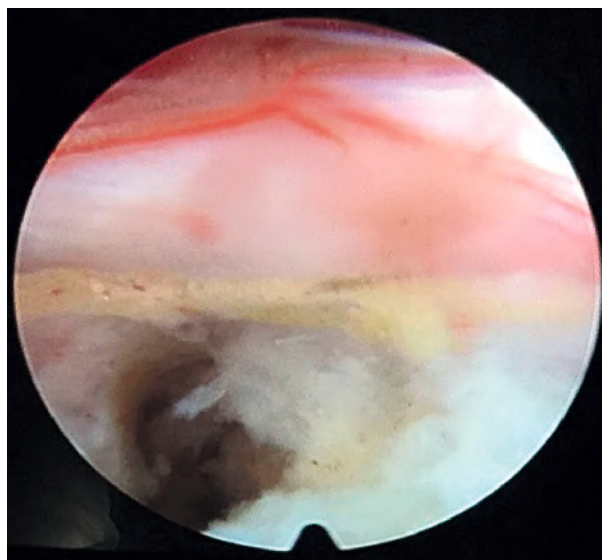


Figure 5 – Intraoperative visualization of the root.

and stabilize the vertebral-movable segment. It is worth noting that recently, mini-invasive methods of decompression of nerve structures and stabilization of vertebrae with a cage have appeared, with reasonably good clinical results [33].

Conclusions.

The problem of the pathology of the intervertebral foramen, namely foraminal stenosis, is quite relevant, given its significant prevalence among the adult population. The anatomy of the intervertebral foramen is essential for understanding the pathogenesis and clinical manifestations of foraminal stenosis. The main clinical manifestations are various types of pain, tingling, numbness, decreased limb muscle strength, impaired walking and pelvic organ function.

The first stage of treatment of degenerative foraminal stenosis is conservative therapy. In case of its ineffectiveness, it is necessary to use such interventions as epidural adhesiolysis, balloon adhesiolysis, epiduroscopy, endoscopic foramenotomy, laminoplasty or open intervention with cage placement.

Prospects for further research.

An important direction of further research is the development of minimally invasive surgical methods for treating foraminal stenosis, which will allow the performing complex spinal surgical interventions with minimal trauma to the body and subsequent rapid rehabilitation.

DOI 10.29254/2077-4214-2023-1-168-52-61

УДК 616.711-007.271

Піонтковський В. К., Златів В. П., Мироник Б. М., Душний М. М.

ФОРАМІНАЛЬНИЙ СТЕНОЗ ПОПЕРЕКОВОГО ВІДДІЛУ ХРЕБТА (ОГЛЯДОВА СТАТТЯ)

КП «Рівненська обласна клінічна лікарня імені Юрія Семенюка» (м. Рівне, Україна)

mishadus1997@gmail.com

Форамінальний стеноз поперекового відділу хребта є соціальною проблемою та залишається актуальним протягом багатьох десятиліть. Дана патологія зазвичай виникає внаслідок дегенеративно-дистрофічних захворювань хребта та характеризується патологічним зменшенням міжхребцевого отвору, через який виходить нервовий корінець відповідного сегменту. Нами був проведений огляд

літератури проблематики форамінального стенозу та способів його лікування. Знання анатомії та патогенезу даної нозології є вкрай важливим для визначення тактики лікування та об'єму оперативного втручання. Причини форамінального стенозу можуть бути як і вроджені, так і набуті стани. Найбільш поширеними з них є: дегенеративні явища дуговідросткового суглоба та міжхребцевого диска, спондилолістез, сколіоз, екструзія міжхребцевого диска. Основною ланкою патогенезу являється нестабільність хребетно-рухомого сегменту, що веде до сублюксації верхнього суглобового відростка та розвитку гіпертрофії дуговідросткового суглоба. Основним методом лікування є консервативна терапія, що включає нестероїдні протизапальні препарати, габапентини та вітамінні препарати. Проте, при відсутності клінічного ефекту показані блокади стероїдних препаратів або постановка епідурального катетера. Перспективним напрямком оперативних хірургічних методик є ендоскопічна фораміналотомія та ендоскопічна ламінектомія через трансламінальний доступ. Завдяки своїй малотравматичності, невеликій інтраопераційній крововтраті, ранній реабілітації дані методики здобувають широку популярність серед спінальних хірургів. Варто зазначити, що при даних методиках є можливість постановки кейджа та стабілізації хребетно-рухомого сегмента мініінвазивно. Операції відкритого типу втрачають свою актуальність у зв'язку із великою травматичністю, однак, при наявності супутнього центрального стенозу, спондилолістезу, дегенеративного сколіозу є необхідність їх використання.

Ключові слова: форамінальний стеноз.

Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.

Дана наукова стаття є результатом практичної діяльності обласного центру ортопедії, травматології та вертебології КП «Рівненська обласна клінічна лікарня імені Юрія Семенюка».

Вступ.

Форамінальний стеноз поперекового відділу хребта є патологічним станом, що характеризується звуженням міжхребцевого отвору внаслідок компресії екструзією або дегенеративних змін міжхребцевого диску, дуговідросткового суглоба, зв'язок або кісток. Внаслідок зменшення міжхребцевого отвору виникає стиснення нервового корінця, що спричиняє такі скарги як біль, поколювання або оніміння у кінцівці, слабкість м'язів або порушення ходьби. Дана патологія є однією із головних причин обмеження працездатності серед населення [1]. Варто зауважити, що стеноз хребетного каналу є нозологією, яку часто діагностують, особливо у населення старшої вікової групи, та проводять відповідне лікування [2]. В той час патологією міжхребцевого отвору часто нехтують та не застосовують своєчасної діагностики та терапії. Хоча Voden et al. [3] вказують, що у великій кількості пацієнтів віком 60 та більше років є ознаки форамінального стенозу.

Мета дослідження.

Проаналізувати причини та патогенез форамінального стенозу поперекового відділу хребта, провести аналіз консервативних та оперативних методик лікування форамінального стенозу, визначити їх покази та ефективність.

Основна частина.

Анатомія. Міжхребцевий отвір утворений тілом хребця, ніжкою, верхнім та нижнім суглобовими відростками, жовтою зв'язкою та дуговідростковим суглобом. Форма отвору може бути овальною або краплеподібною, середня висота якого становить 19.4 мм (15.5-24.2 мм) та ширина 8.8 мм (6.4-12.3 мм) [4]. П'ятий поперековий корінець займає близько 25-30% форамінального простору, в той час як інші поперекові корінці – від 7% до 22% [5]. Дорсальний корінцевий ганглії поперекового корінця L5 у більшості випадків розташований інтрафорамінально (75%), проте локалізація може бути інтраспінальною

(10%), а також екстафорамінально (6%) [6]. Міжхребцевий отвір стабілізується за допомогою трансфорамінальних та корпотрансверзальних зв'язок, які займають близько 30% площі отвору [7]. За даними Uchikado H. [8], у міжхребцевому отворі присутні такі зв'язки: нижня та верхня корпоропедиккулярні, верхня, середня та нижня трансфорамінальні, а також інтрафорамінальна зв'язки (**рис. 1**).

Згідно класифікації Lee, міжхребцевий отвір поділяється на три зони: 1) зона латерального рецесуса (від твердої мозкової оболони до медіального краю нижки хребця); 2) серединна зона (від медіального краю нижки до її центру); 3) зона виходу (від центру нижки хребця до латерального краю дуговідросткового суглоба) (**рис. 2**) [9].

Надзвичайно важливим анатомічним орієнтиром безпечної зони ендоскопічних оперативних методик є зона Kambin [10], яка утворена замикальною пластинкою нижнього хребця, форамінальною частиною верхнього суглобового відростка та лінією, у проекції якої проходить вихідний корінець.

Причини розвитку форамінального стенозу.

Причини розвитку даної патології поділяються на дві категорії: набуті, що найбільш часто зустрічаються, а також вроджені. До вроджених причин належать:

- ахондроплазія (дане спадкове захворювання людини проявляється дефектом енхондрального окостеніння, що найчастіше призводить до стенозу хребтового каналу);

- спінальний дизрафізм;

- остеопетроз, що є часто асоційованим із стенозом хребтового каналу та міжхребцевого отвору.

Набуті стани, що пов'язані з форамінальним стенозом:

- екструзія міжхребцевого диску, що розміщується форамінально та спричиняє компресію нервового корінця (**рис. 3**);

- дегенеративні зміни міжхребцевого диску;

- спондилолістез;

- сколіоз;

- гіпертрофія жовтої зв'язки;

- артроз та гіпертрофія дуговідросткових суглобів;

- гіпертрофія нижки хребця [11];

- кіста дуговідросткового суглоба;

- остеофіти;
- компресійні переломи тіл хребців;
- анкілозуючий спондилоартрит;
- посттравматичний форамінальний стеноз;
- пухлиноподібні утвори ділянки міжхребцевого отвору;
- гіпертрофія трансфорамінальних зв'язок та їх осифікація;
- післяопераційний форамінальний стеноз.

Патогенез форамінального стенозу.

При дегенеративних змінах міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта виникає зменшення їх висоти, що спричиняє сублюксацію верхнього суглобового відростка [12]. В подальшому це призводить до утворення остеофітів міжхребцевого отвору та гіпертрофії жовтої зв'язки, що зменшують даний отвір в розмірі. Ці зміни ведуть до появи нестабільності на даному сегменті хребта, що тільки погіршує стан міжхребцевого отвору та сприяє виникненню гіпертрофії дуговідросткових суглобів і розривів фіброзного кільця [13]. Причинами також можуть бути механічні чинники такі як: компресійні переломи, екстра- або інтрафорамінальні екструзії міжхребцевих дисків, що викликають раптове механічне звуження міжхребцевого отвору.

Значну роль також відіграє запальний процес, що є супутнім при вищенаведених факторах. Набряк, відкладення фібрину і грануляційної тканини призводять до коалесценції жирової тканини та фіброзу. Не менш важливе значення має також потовщення трансфорамінальних зв'язок внаслідок їх кальцифікації та осифікації при запальному процесі [14].

Іншим медіатором болю є дорсальний корінцевий ганглії, що складається із ноцицепторів, які містять нейропептиди (речовина P, прозапальні цитокіни). При персистуючих больових сигналах Шваннівські клітини і клітини глії продукують прозапальні цитокіни і протеїни, що змінюють активність нейронів. В подальшому це призводить до появи нейропатичних болей, які можуть продовжуватися навіть після припинення запального процесу [15], а також спричиняти певні психічні порушення [16].

Клінічні прояви.

Дегенеративне звуження міжхребцевого отвору є поступовим процесом, результат якого є непередбачуваним. Ця патологія може призводити до появи клінічних ознак або навпаки перебігати безсимптомно. Поява клінічних проявів є поступовою та може проявлятися болем, що іррадіює із поперекового відділу хребта вниз у нижню кінцівку, поколюванням, онімінням, скутістю, важкістю, зниженням сили м'язів кінцівок, спазмами у ділянці спини та сідниць, коли пацієнти перебувають у сидячому положенні або при ходьбі.

При залученні дорсального нервового ганглія у запальний процес, характер болю змінюється та починає проявлятися гострим, стріляючим, колючим болем, що нагадує більше біль центрального типу, та супроводжується аллодинією, гіпералгією та гіперестезією [17].

Біль зменшується при збільшенні міжхребцевого отвору, а саме при згинанні спини, що зменшує

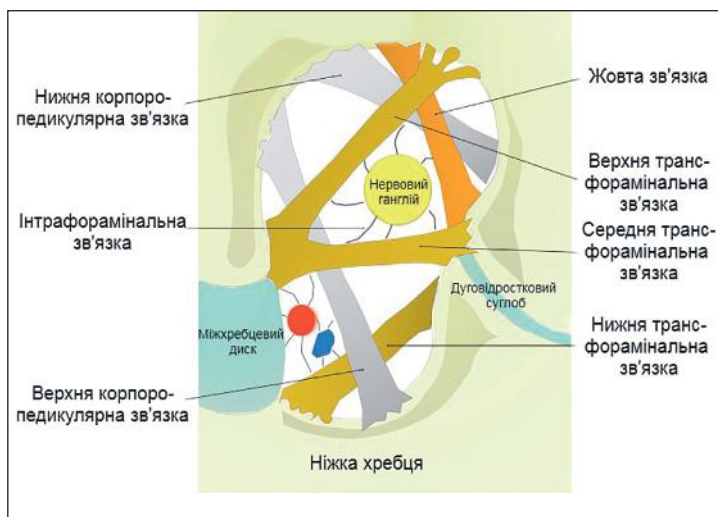


Рисунок 1 – Будова зв'язкового апарату міжхребцевого отвору.

компресію нервового корінця. В подальшому можливий розвиток порушення ходьби, обмеження рухів та розладів функції тазових органів. У старшому віці перебіг захворювання може бути асимптомним та виявлятися тільки при інструментальних дослідженнях [18].

Лікування.

При дегенеративних процесах міжхребцевого отвору показане використання консервативної терапії, як першої лінії лікування. В подальшому при відсутності клінічного ефекту можливе використання ін'єкцій стероїдних препаратів, постановки епідурального катетера, епідуроскопія, радіочастотної абляції, ендоскопічних та відкритих втручань.

1. Консервативна терапія.

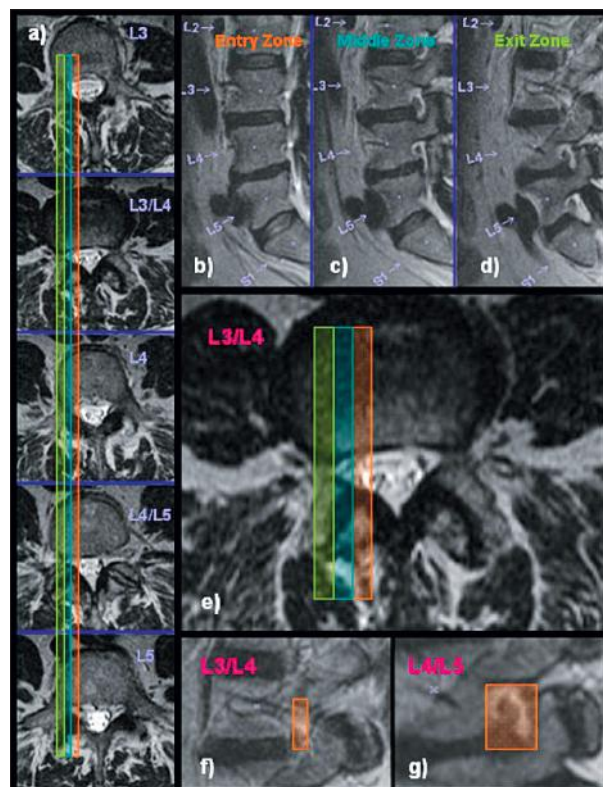


Рисунок 2 – Класифікація зон міжхребцевого отвору за Lee.

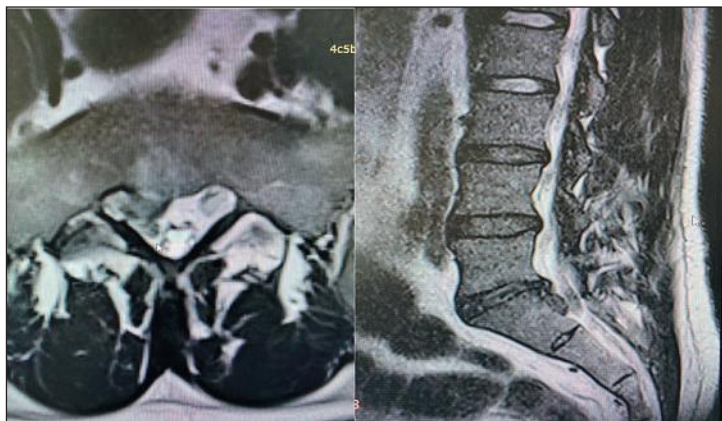


Рисунок 3 – Екструзія міжхребцевого диску сегменту L5-S1 із компресією нервового корінця у зоні латерального рецесуса.

Призначення нестероїдних протизапальних у комбінації із габапентинами та вітамінними препаратами має хороший ефект у пацієнтів із незначним та помірним больовим синдромом. Також рекомендовано – ліжковий режим, виконання фізичних вправ після закінчення гострого періоду. При вираженому больовому синдромі необхідно використовувати неопіоїдні анальгетики (трамадол). Опіоїдні анальгетики рекомендовано застосовувати на короткий період часу, оскільки є ризик виникнення побічних ефектів, після припинення прийому даних медикаментів. Не рекомендованим є поєднання габапентинів із опіоїдними анальгетиками, через порівняно високий ризик смерті [19]. При болях нейропатичного характеру варто застосовувати комбінацію анальгетиків із габапентинами або антидепресантами.

2. Фізичні вправи та зміна способу життя.

Застосування програми фізичної реабілітації є ефективним у поєднанні із медикаментозним лікуванням. Вправи для укріплення м'язів спини, прийоми мануальної терапії допомагають зменшити явища нестабільності, тим самим сповільнити розвиток стенозу. Важливим є зменшення навантажень у людей, які виконують важку фізичну працю, особливо, що пов'язана із підняттям та транспортом важких предметів.

3. Ін'єкція стероїдного препарату.

Форамінальна або епідуральна блокада є широко використовуваними методами, що дозволяють досягнути хорошого протизапального ефекту, завдяки

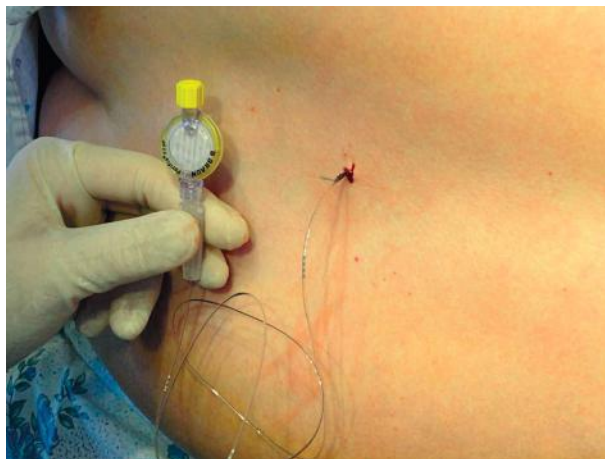


Рисунок 4 – Постановка епідурального катетера.

інгібуванню фосфоліпази-2 та невралного проведення імпульсів ноцицептивних клітин [20], стабілізації клітинних мембран, супресії імунної відповіді й посилення невралного кровотоку. Епідуральна ін'єкція допомагає досягти вимивання прозапальних субстанцій та зменшенню фібролізу в епідуральному просторі. Варто зазначити, що форамінальна блокада є більш ефективною при ранньому застосуванні, оскільки процеси звуження міжхребцевого отвору, набряк м'яких тканин і фіброзна адгезія може зменшити ефект даної процедури.

4. Черезшкірний епідуральний адгезіоліз (lysis of adhesions).

Дана методика передбачає постановку (рис.4) епідурального катетера та введення препаратів, що зупиняють запальний процес, а також зменшують кількість фібротичних спайок в епідуральному просторі. Є два типи фібротичних злипань: нещільні та щільні. Дана процедура є більш ефективна при нещільних злипаннях [21]. При failed back surgery syndrome результати лікування епідуральним адгезіолізом є досить успішними [22]. Застосування цієї процедури можливе також через трансфорамінально [23]. Проте необхідно ретельно враховувати протипокази до даного доступу. Оскільки є ризик пошкодження нервових структур під час постановки катетера.

5. Балонний адгезіоліз.

Даний вид оперативного втручання виконується за допомогою катетера Фогарті. Постановка катетера здійснюється трансфорамінально у латеральний рецесус та виконується роздування балону з метою усунення фібротичних спайок. Можливе поєднання із форамінотомією, що показало хороші результати [24]. Проте при звуженні міжхребцевого отвору, остеофітах, гіпертрофії дуговідросткових суглобів є ризик пошкодження вихідного корінця або дорсального нервового ганглія, що може навіть спричинити погіршення клінічної симптоматики.

6. Епідуроскопія.

За допомогою цієї процедури лікар має можливість провести огляд епідурального простору та виконати реліз фібротичних спайок. Перевагами даної методики є її інформативність та ефективність, оскільки при черезшкірному епідуральному адгезіолізі можуть бути труднощі при усуненні щільних фібротичних спайок, то при епідуроскопії хірург може виконати їх ефективний реліз, а також ввести протизапальні препарати прицільно у зони запалення. Додатково можна оглянути рівень патології, ступінь запального процесу і фібротичних злипань за допомогою відеокамери [25], яка встановлена на керуваному катетері. Проте, вартість, післяопераційні ускладнення та технічні труднощі не дозволяють використовувати цю маніпуляцію більш широко [26].

7. Радіочастотна абляція.

Виконання абляції дорсального нервового ганглія допомагає зменшити нейропатичні болі, що рефрактерні до консервативного лікування або стероїдним ін'єкціям [27]. Дана процедура відбувається під контролем електронно-оптичного перетворювача та є відносно безпечною [28] для нервових структур. Метою даного мініінвазивного втручання є зміна транс-

мембранних потціалів, що веде до тривалої супресії діяльності нервового ганглія, тим самим, усуваючи або зменшуючи інтенсивність нейропатичних болей [29, 30].

8. *Трансфорамінальна ендоскопічна мікродискектомія або фораменотомія.*

Даний вид оперативної техніки дозволяє виконати екстракцію форамінальної або екстрафорамінальної екструзії, що спричиняє компресію нервового корінця, а також, при супутньому форамінальному стенозі, здійснити фораменотомію [31]. Ендоскопічна ламінектомія трансламінарним шляхом дозволяє виконати форамінолямінопластику, тобто забрати кісткові структури, що компресують корінець та його ганглії, що за даними багатьох авторів є досить успішним [32]. Перевагами таких видів втручань є їх малоінвазивність, невелика травма для організму, можливість ранньої активізації пацієнтів, зменшена крововтрата, можливість проведення анестезії під місцевим знеболенням та можливість чіткої інтраопераційної візуалізації нервових структур (рис. 5), що зменшує ризик їх пошкодження. Проте, для успішного виконання вищенаведених втручань необхідний відповідний рівень кваліфікації хірурга, чітке розуміння анатомії та ретельний підбір пацієнтів.

9. *Відкриті операції з постановкою кейджа.*

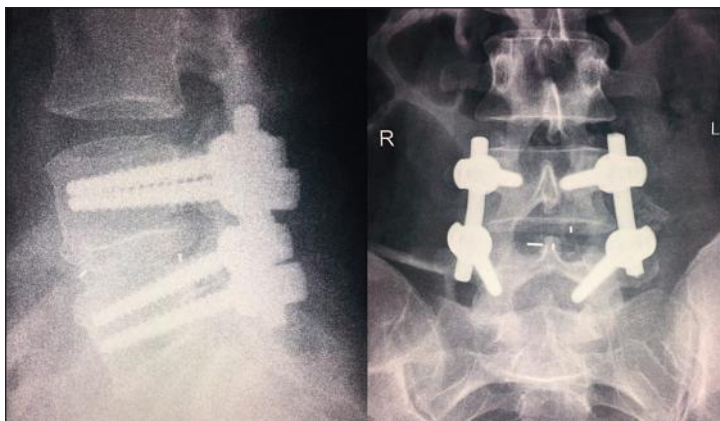


Рисунок 6 – Виконана стабілізація сегментів L4-L5 з постановкою кейджа трансфорамінальним шляхом.

Дані види оперативних технік вкрай рідко використовуються при форамінальному стенозі як самостійній патології. Більш частими показами до відкритих втручань є дегенеративні явища хребтового каналу із наявністю центрального стенозу, гіпертрофія дуговідросткових суглобів, дегенерація міжхребцевих дисків, спондилолітез, деформації у поєднанні із форамінальним стенозом. Постановка протезу міжхребцевого диску – кейджа може відбуватися із заднього, переднього, бокового доступів (рис. 6). Кожна із цих методик має свої покази та протипокази, проте, метою цих операцій є механічне

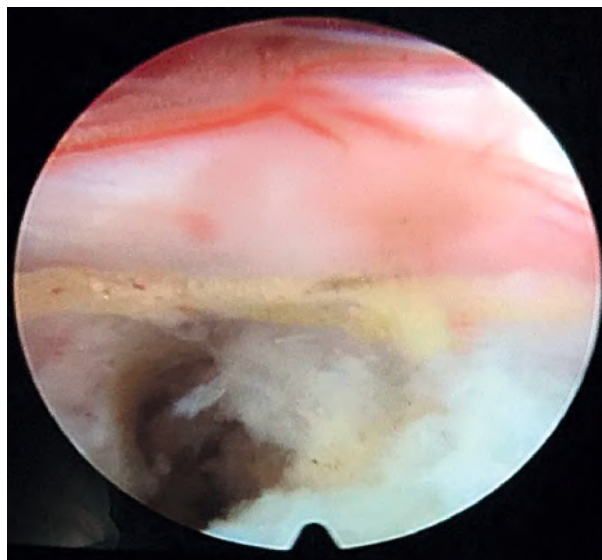


Рисунок 5 – Інтраопераційна візуалізація корінця.

усунення усіх чинників компресії нервових структур, збільшення розміру міжхребцевого отвору, заміна дегенеративно зміненого міжхребцевого диска, виправлення деформації та стабілізації хребетно-рухого сегменту. Варто відзначити, що останнім часом з'явилися мініінвазивні методики декомпресії нервових структур та стабілізації хребців із постановкою кейджа, що мають досить хороший клінічний результат [33].

Висновки.

Проблематика патології міжхребцевого отвору, а саме форамінального стенозу, є досить актуальною, зважаючи на значне поширення серед дорослого населення. Анатомія міжхребцевого отвору є вкрай важливою для розуміння патогенезу та клінічних проявів форамінального стенозу. Основними клінічними проявами є різного характеру болі, поколювання, оніміння, зниження сили м'язів кінцівок, порушення ходьби та функції тазових органів.

Першим етапом лікування дегенеративного форамінального стенозу є консервативна терапія. При її неефективності необхідно використовувати такі види втручань як: епідуральний адгезіоліз, балонний адгезіоліз, епідуроскопія, ендоскопічна фораменотомія, ламінопластика або відкрите втручання із постановкою кейджа.

Перспективи подальших досліджень.

Важливим напрямком подальших досліджень є розвиток мініінвазивних оперативних методик лікування форамінального стенозу, що дозволить виконувати складні спінальні оперативні втручання з мінімальною травмою для організму та подальшою швидкою реабілітацією.

References / Література

- Katz JN. Lumbar disc disorders and low-back pain: socioeconomic factors and consequences. JBJS. 2006;88:21.
- Yabuki S, Fukumori N, Takegami M, Onishi Y, Otani K, Sekiguchi M, et al. Prevalence of lumbar spinal stenosis, using the diagnostic support tool, and correlated factors in Japan: a population-based study. J Orthop Sci. 2013 Nov;18(6):893-900. DOI: [10.1007/s00776-013-0455-5](https://doi.org/10.1007/s00776-013-0455-5).
- Ruiz Santiago F, Láinez Ramos-Bossini AJ, Wáng YXJ, Martínez Barbero JP, García Espinosa J, Martínez Martínez A. The value of magnetic resonance imaging and computed tomography in the study of spinal disorders. Quant Imaging Med Surg. 2022 Jul;12(7):3947-3986. DOI: [10.21037/qims-2022-0](https://doi.org/10.21037/qims-2022-0).

4. Qiao FI, Zhu B, Ma J, Bao L, Zhou J, Chen X: Measurement of foramen intervertebrate by spiral CT volume rendering. *Journal of Chinese Clinical Medicine Imaging*. 2015;26:820-822.
5. Morishita Y, Masuda M, Maeda T, Ueta T, Shiba K. Morphologic Evaluation of Lumbosacral Nerve Roots in the Vertebral Foramen: Measurement of Local Pressure of the Intervertebral Foramen. *Clin Spine Surg*. 2017 Jul;30(6):E839-E844. DOI: [10.1097/BSD.0000000000000433](https://doi.org/10.1097/BSD.0000000000000433).
6. Moon HS, Kim YD, Song BH, Cha YD, Song JH, Lee MH. Position of dorsal root ganglia in the lumbosacral region in patients with radiculopathy. *Korean J Anesthesiol*. 2010;59:398-402. DOI: [10.4097/kjae.2010.59.6.398](https://doi.org/10.4097/kjae.2010.59.6.398).
7. Yuan SG, Wen YL, Zhang P, Li YK. Ligament, nerve, and blood vessel anatomy of the lateral zone of the lumbar intervertebral foramina. *Int Orthop*. 2015;39:2135-41. DOI: [10.1007/s00264-015-2831-6](https://doi.org/10.1007/s00264-015-2831-6).
8. Uchikado H, Nishimura Y, Hattori G, Ohara Y. Micro-anatomical structures of the lumbar intervertebral foramen for full-endoscopic spine surgery: review of the literatures. *J Spine Surg*. 2020;6(2):405-414. DOI: [10.21037/jss.2019.10.07](https://doi.org/10.21037/jss.2019.10.07).
9. Yusof MI, Shif M, Abdullah MS. The Morphometric Study of Degenerative Lateral Canal Stenosis at L4-L5 and L5-S1 Using Magnetic Resonance Imaging (MRI): Feasibility Analysis for Posterior Surgical Decompression. *Malays Orthop J*. 2015 Mar;9(1):4-10. DOI: [10.5704/MOJ.1503.015](https://doi.org/10.5704/MOJ.1503.015).
10. Fan G, Liu H, Wu Z, Li Y, Feng C, Wang D, et al. Deep Learning-Based Automatic Segmentation of Lumbosacral Nerves on CT for Spinal Intervention: A Translational Study. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2019 Jun;40(6):1074-1081. DOI: [10.3174/ajnr.A6070](https://doi.org/10.3174/ajnr.A6070).
11. Yousefzadeh DK, El-Khoury GY, Lupetin AR. Congenital aplastic-hypoplastic lumbar pedicle in infants and young children. *Skeletal Radiology*. 1982;7(4):259-265.
12. Kwon JW, Moon SH, Park SY, Park SJ, Park SR, Suk KS, et al. Lumbar Spinal Stenosis: Review Update 2022. *Asian Spine J*. 2022 Oct;16(5):789-798. DOI: [10.31616/asj.2022.0366](https://doi.org/10.31616/asj.2022.0366).
13. Choi YK. Lumbar foraminal neuropathy: an update on non-surgical management. *Korean J Pain*. 2019 Jul 1;32(3):147-159. DOI: [10.3344/kjp.2019.32.3.147](https://doi.org/10.3344/kjp.2019.32.3.147).
14. Umeh R, Fisahn C, Burgess B, Iwanaga J, Moisi M, Oskouian RJ, et al. Transforaminal Ligaments of the Lumbar Spine: A Comprehensive Review. *Cureus*. 2016 Oct 2;8(10):e811. DOI: [10.7759/cureus.811](https://doi.org/10.7759/cureus.811).
15. Yoo Y, Moon JY, Yoon S, Kwon SM, Sim SE. Clinical outcome of percutaneous lumbar foraminoplasty using a safety-improved device in patients with lumbar foraminal spinal stenosis. *Medicine (Baltimore)*. 2019 Apr;98(15):e15169. DOI: [10.1097/MD.00000000000015169](https://doi.org/10.1097/MD.00000000000015169).
16. van Hecke O, Austin SK, Khan RA, Smith BH, Torrance N. Neuropathic pain in the general population: a systematic review of epidemiological studies. *Pain*. 2014 Apr;155(4):654-662. DOI: [10.1016/j.pain.2013.11.013](https://doi.org/10.1016/j.pain.2013.11.013).
17. Xie YB, Zhao H, Wang Y, Song K, Zhang M, Meng FC, et al. Bilateral Neuropathy of Primary Sensory Neurons by the Chronic Compression of Multiple Unilateral DRGs. *Neural Plast*. 2016;2016:2130901. DOI: [10.1155/2016/2130901](https://doi.org/10.1155/2016/2130901).
18. Sartoretti E, Wyss M, Alfieri A, Binkert CA, Erne C, Sartoretti-Schefer S, et al. Introduction and reproducibility of an updated practical grading system for lumbar foraminal stenosis based on high-resolution MR imaging. *Sci Rep*. 2021 Jun 7;11(1):12000. DOI: [10.1038/s41598-021-91462-2](https://doi.org/10.1038/s41598-021-91462-2).
19. Gomes T, Juurlink DN, Antoniou T, Mamdani MM, Paterson JM, van den Brink W. Gabapentin, opioids, and the risk of opioid-related death: a population-based nested case-control study. *PLoS Med*. 2017;14:e1002396. DOI: [10.1371/journal.pmed.1002396](https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002396).
20. Lee JH, Kim DH, Kim DH, Shin KH, Park SJ, Lee GJ, et al. Comparison of clinical efficacy of epidural injection with or without steroid in lumbosacral disc herniation: a systematic review and meta-analysis. *Pain Physician*. 2018;21:449-68.
21. Bosscher HA, Heavner JE. Lumbosacral epiduroscopy findings predict treatment outcome. *Pain Pract*. 2014;14:506-514.
22. Hussain A, Erdek M. Interventional pain management for failed back surgery syndrome. *Pain Pract*. 2014 Jan;14(1):64-78.
23. Park CH, Lee SH. Effectiveness of percutaneous transforaminal adhesiolysis in patients with lumbar neuroforaminal spinal stenosis. *Pain Physician*. 2013;16:E37-43.
24. Kim SH, Choi WJ, Suh JH, Jeon SR, Hwang CJ, Koh WU. Effects of transforaminal balloon treatment in patients with lumbar foraminal stenosis: a randomized, controlled, double-blind trial. *Pain Physician*. 2013;16:213-224.
25. Lee F, Jamison DE, Hurley RW, Cohen SP. Epidural lysis of adhesions. *Korean J Pain*. 2014;27(1):3-15.
26. Geudeke MW, Krediet AC, Bilecen S, Huygen FJPM, Rijdsdijk M. Effectiveness of Epiduroscopy for Patients with Failed Back Surgery Syndrome: A Systematic Review and Meta-analysis. *Pain Pract*. 2021 Apr;21(4):468-481. DOI: [10.1111/papr.12974](https://doi.org/10.1111/papr.12974).
27. Huang RY, Liao CC, Tsai SY, Yen CT, Lin CW, Chen TC, et al. Rapid and delayed effects of pulsed radiofrequency on neuropathic pain: electrophysiological, molecular, and behavioral evidence supporting long-term depression. *Pain Physician*. 2017;20(2):E269-E283.
28. Tun K, Cemil B, Gurcay AG, Kaptanoglu E, Sargon MF, Tekdemir I, et al. Ultrastructural evaluation of pulsed radiofrequency and conventional radiofrequency lesions in rat sciatic nerve. *Surg Neurol*. 2009;72(5):496-500.
29. Sam J, Catapano M, Sahni S, Ma F, Abd-Elsayed A, Visnjevac O. Pulsed Radiofrequency in Interventional Pain Management: Cellular and Molecular Mechanisms of Action – An Update and Review. *Pain Physician*. 2021 Dec;24(8):525-532.
30. Brzeziński K, Rękas-Dudziak AR, Maruszewska A. Pulsed radiofrequency as alternative method for phantom pain treatment. *Case report. Clin Case Rep*. 2020 Jul 20;8(10):2060-2062. DOI: [10.1002/ccr3.3110](https://doi.org/10.1002/ccr3.3110).
31. Ahn Y, Oh HK, Kim H, Lee HN. Percutaneous endoscopic lumbar foraminotomy: an advanced surgical technique and clinical outcomes. *Neurosurgery*. 2014;75(2):124-33.
32. Wu JJ, Chen HZ, Zheng C. Transforaminal Percutaneous Endoscopic Discectomy and Foraminoplasty after Lumbar Spinal Fusion Surgery. *Pain Physician*. 2017 Jul;20(5):E647-E651.
33. Chang M, Wang L, Yuan S, Tian Y, Zhao Y, Liu X. Percutaneous Endoscopic Robot-Assisted Transforaminal Lumbar Interbody Fusion (PE RA-TLIF) for Lumbar Spondylolisthesis: A Technical Note and Two Years Clinical Results. *Pain Physician*. 2022 Jan;25(1):E73-E86.

ФОРАМІНАЛЬНИЙ СТЕНОЗ ПОПЕРЕКОВОГО ВІДДІЛУ ХРЕБТА (ОГЛЯДОВА СТАТТЯ)

Піонтковський В. К., Златів В. П., Мироник Б. М., Душний М. М.

Резюме. Нами був проведений огляд літератури проблематики форамінального стенозу поперекового відділу хребта. Дана проблема залишається актуальною, зважаючи на її широке поширення серед дорослого населення та особливо у категорії осіб, що старше 60-ти років. Больовий синдром, що розвивається внаслідок звуження міжхребцевого отвору, спричиняє погіршення якості життя та обмежує життєдіяльність. До найчастіших причин розвитку форамінального стенозу належать: дегенеративні зміни міжхребцевого диска та дуговідросткового суглоба, кіста дуговідросткового суглоба, спондилостез, сколіоз або екструзія міжхребцевого диска. Був проведений аналітичний огляд методів лікування даної нозології. Консервативна терапія патогенетично спрямована на зменшення запального процесу та набряку м'яких тканин, що оточують міжхребцевий отвір. Процедура постановки епідурального адгезіоліза є ефективним методом лікування форамінального стенозу, оскільки спрямована на усунення фібротичних злипань епідурального простору та ділянки міжхребцевого отвору, а також зменшенні запального процесу, шляхом введення протизапальних препаратів епідурально. Іншими перспективними напрямками оперативного лікування форамінального стенозу є ендоскопічні операції, що здійснюються з невеликих розрізів, є малотравматичними, спричиняють невелику інтраопераційну кровотечу та можуть бути виконані під місцевим знечуленням. Після оперативного втручання

ня пацієнти швидше приступають до реабілітації та повертаються до повсякденного життя. При необхідності виконання міжтілового спондилодезу можлива постановка кейджа також мініінвазивно. Проте, важливо враховувати супутні патологічні стани, такі як центральний стеноз хребтового каналу, спондилолістез, дегенеративний сколіоз, переломи хребців, що можуть потребувати відкритого втручання. Варто зауважити, на даний час, є велика кількість методів лікування даної патології, однак немає єдиного чіткого системного підходу до лікування, а також використання ендоскопічних методик є обмеженим. Тому перспективним напрямком подальших досліджень є впровадження алгоритмів лікування та розвиток мініінвазивних втручань при форамінальному стенозі поперекового відділу хребта.

Ключові слова: форамінальний стеноз.

LUMBAR FORAMINAL STENOSIS (REVIEW ARTICLE)

Piontkovskyi V. K., Zlatic V. P., Myronyk B. M., Dushnyi M. M.

Abstract. We conducted a review of the literature on the problem of foraminal stenosis of the lumbar spine. This problem remains relevant, given its wide distribution among the adult population, and especially in the category of people over 60 years old. The pain syndrome that develops as a result of the narrowing of the intervertebral foramen causes deterioration of the quality of life and limits vital activities. The most frequent causes of the development of foraminal stenosis include: degenerative changes of the intervertebral disc and zygapophyseal joint, cyst of the zygapophyseal joint, spondylolisthesis, scoliosis or extrusion of the intervertebral disc. An analytical review of treatment methods for this nosology was conducted. Conservative therapy is pathogenetically aimed at reducing the inflammatory process and swelling of the soft tissues surrounding the intervertebral foramen. The procedure of performing epidural adhesiolysis is an effective method of treatment of foraminal stenosis, as it is aimed at eliminating fibrotic adhesions of the epidural space and the area of the intervertebral foramen, as well as reducing the inflammatory process by administering anti-inflammatory drugs epidurally. Other promising directions for surgical treatment of foraminal stenosis are endoscopic operations performed through small incisions, which are minimally traumatic, cause little intraoperative bleeding, and can be performed under local anesthesia. After surgery, patients begin rehabilitation faster and return to everyday life. If it is necessary to perform interbody spondylodesis, it is also possible to place a cage minimally invasive. However, it is important to take into account concomitant pathological conditions, such as central stenosis of the spinal canal, spondylolisthesis, degenerative scoliosis, vertebral fractures, which may require open intervention. It is worth noting that currently there are a large number of methods of treatment for this pathology, but there is no single clear systematic approach to treatment, and the use of endoscopic methods is limited. Therefore, the implementation of treatment algorithms and the development of minimally invasive interventions for foraminal stenosis of the lumbar spine is a promising direction for further research.

Key words: foraminal stenosis.

ORCID and contributionship / ORCID автора та його внесок до статті:

Piontkovskyi V. K.: [0000-0002-0967-877X](https://orcid.org/0000-0002-0967-877X)^{AF}

Zlatic V. P.: [0000-0003-4381-7769](https://orcid.org/0000-0003-4381-7769)^{BC}

Myronyk B. M.: [0000-0002-3974-1549](https://orcid.org/0000-0002-3974-1549)^E

Dushnyi M. M.: [0000-0002-2514-6802](https://orcid.org/0000-0002-2514-6802)^D

Conflict of interest / Конфлікт інтересів:

The Authors declare no conflict of interest / Автори статті підтверджують відсутність конфлікту інтересів.

Corresponding author / Адреса для кореспонденції

Dushnyi Mykhailo Mykolayovych / Душний Михайло Миколайович

Municipal Enterprise «Rivne Regional Clinical Hospital, named after Yuriy Semenyuk» / КП «Рівненська обласна клінічна лікарня імені Юрія Семенюка»

Ukraine, 33028, Rivne, 78g Kyivska str. / Адреса: Україна, 33028, м. Рівне, вул. Київська 78г

Tel.: +380934909374 / Тел.: +380934909374

E-mail: mishadus1997@gmail.com

A – Work concept and design, **B** – Data collection and analysis, **C** – Responsibility for statistical analysis, **D** – Writing the article, **E** – Critical review, **F** – Final approval of the article / **A** – концепція роботи та дизайн, **B** – збір та аналіз даних, **C** – відповідальність за статичний аналіз, **D** – написання статті, **E** – критичний огляд, **F** – остаточне затвердження статті.

Received 16.08.2022 / Стаття надійшла 16.08.2022 року
Accepted 03.02.2023 / Стаття прийнята до друку 03.02.2023 року