

DOI: <https://doi.org/10.26565/2313-6693-2025-52-08>
УДК: 616.711.6-004-018.4-073.75



Зміни рухового контролю у пацієнтів з больовим та міотонічним синдромом остеохондрозу поперекового відділу хребта

Колесніченко В.А.¹, <https://orcid.org/0009-0007-4106-1730>, e-mail: vira.a.kolesnichenko@karazin.ua
Голка Г.Г.², <https://orcid.org/0000-0002-3741-8924>, e-mail: gr_golka@ukr.net
Гресько І.В.³, <https://orcid.org/0009-0007-4992-5273>, e-mail: gresko.i.v@gmail.com
Бурлака В.В.², <https://orcid.org/0000-0002-0204-6454>, e-mail: vv.burlaka@knmu.edu.ua
Веснін В.В.², <https://orcid.org/0000-0001-9104-6116>, e-mail: vesninagroup@gmail.com
Введенський Б.П.¹, <https://orcid.org/0009-0006-3712-3540>, e-mail: ortopeddkb@gmail.com
Введенський Д.Б.¹, <https://orcid.org/0000-0002-0169-9592>, e-mail: vvedenskyd@ukr.net

¹Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Міністерства освіти і науки України, Харків, Україна

²Харківський національний медичний університет

Міністерства охорони здоров'я України, Харків, Україна

³Приватне підприємство «Мережа медичних центрів "Родина"», Львів, Україна

Alteration in motor control in patients with low back pain and myotonic syndrome of lumbar osteochondrosis

Kolesnichenko V.A.¹, <https://orcid.org/0009-0007-4106-1730>, e-mail: vira.a.kolesnichenko@karazin.ua
Holka H.H.², <https://orcid.org/0000-0002-3741-8924>, e-mail: gr_golka@ukr.net
Hresko I.V.³, <https://orcid.org/0009-0007-4992-5273>, e-mail: gresko.i.v@gmail.com
Burlaka V.V.², <https://orcid.org/0000-0002-0204-6454>, e-mail: vv.burlaka@knmu.edu.ua
Vesnin V.V.², <https://orcid.org/0000-0001-9104-6116>, e-mail: vesninagroup@gmail.com
Vvedensky B.P.¹, <https://orcid.org/0009-0006-3712-3540>, e-mail: ortopeddkb@gmail.com
Vvedensky D.B.¹, <https://orcid.org/0000-0002-0169-9592>, e-mail: vvedenskyd@ukr.net

¹V.N. Karazin Kharkiv National University
of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

²Kharkiv National Medical University

of the Ministry of Health of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

³Private Enterprise «Network of Medical Centers "Rodina"», Lviv, Ukraine

Ключові слова:

остеохондроз поперекового відділу хребта, поперековий біль, міотонічний синдром, попереково-тазова кінематика, руховий контроль.

Для кореспонденції:

Колесніченко Віра Анатоліївна
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна Міністерства освіти і науки України, кафедра хірургічних хвороб; майдан Свободи, буд. 4, м. Харків, Україна, 61022; e-mail: vira.a.kolesnichenko@karazin.ua

© Колесніченко В.А., Голка Г.Г., Гресько І.В., Бурлака В.В., Веснін В.В., Введенський Б.П., Введенський Д.Б., 2025

РЕЗЮМЕ

Актуальність. Поперековий біль (ПБ) є однією з найактуальніших медичних та соціально-економічних проблем суспільства, що супроводжується глобальним збільшенням кількості років, прожитих з інвалідністю (YLDs). Більшість досліджень пов'язують ПБ з обмеженням рухової функції хребта та рухового контролю м'язів попереково-тазової ділянки, однак у низці повідомлень такого зв'язку не виявлено.

Мета роботи – провести порівняльну оцінку ортопедичного статусу та результатів клінічних тестів рухового контролю у безсимптомних волонтерів та у пацієнтів з остеохондрозом поперекового відділу хребта з помірно вираженим больовим синдромом.

Матеріали та методи. Дизайн – ретроспективне контрольоване дослідження. Матеріал – протоколи ортопедичного обстеження 30 асимптомних волонтерів віком 20–30 років (контрольна група) та 60 хворих 20–40 років з остеохондрозом поперекового відділу хребта з помірним больовим синдромом (основна група). Методи: клінічний: оцінювали: інтенсивність поперекового болю за ВАШ; рівень дисабілітації ODI за опитувальником Oswestry Disability Questionnaire, версія 2.0; тонус паравертебральних м'язів, рухливість поперекового відділу хребта за методом Шобера; загальну рухливість хребта за тестом «палець-підлога»; тестували руховий контроль м'язів попереково-тазової ділянки; статистичний.

Результати та їх обговорення. Поперековий біль за ВАШ розцінений як помірний; рівень дисабілітації ODI свідчив про помірне зниження активності. Отримані дані значуще перевищували аналогічні показники асимптомних волонтерів ($p < 0,05$). Результати тестів «палець-підлога» та Шобера виявили достовірне

обмеження згинання ($p < 0,01$ та $p < 0,05$ відповідно). Результати тестування рухового контролю виявили три типи патологічних рухових патернів під час згинання: 1) фіксація всіх відділів хребта зі сплюсненням поперекового лордозу, нахилом таза назад та гіперекстензією кульшових та колінних суглобів у 45% хворих та у 5% волонтерів; 2) фіксація шийного та грудного відділів хребта із незначною рухливістю в поперековому відділі, нахилом таза дозад та розгинальною установкою у суглобах у 22,5% та 10% відповідно; 3) помірна фіксація хребта із нахилом таза допереду та згинальною установкою в суглобах у 32,5% та у 30% відповідно.

Висновки. Наявність помірно вираженого больового та пов'язаного з ним міотонічного синдрому у хворих на остеохондроз поперекового відділу хребта супроводжується неузгодженістю активації м'язів попереково-тазової ділянки зі зміною рухового стереотипу.

Для цитування:

Колесніченко В.А., Голка Г.Г., Греско І.В., Бурлака В.В., Веснін В.В., Введенський Б.П., Введенський Д.Б. Зміни рухового контролю у пацієнтів з больовим та міотонічним синдромами остеохондрозу поперекового відділу хребта. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія Медицина.* 2025. Т. 33. № 1(52). С. 93–102. DOI: <https://doi.org/10.26565/2313-6693-2025-52-08>

Key words:

lumbar osteochondrosis, low back pain, myotonic syndrome, lumbopelvic kinematics, motor control.

For correspondence:

Kolesnichenko Vira Anatolyivna
V.N. Karazin Kharkiv National University
of the Ministry of Education and Science
of Ukraine, Department of Surgical
Diseases;
4 Svobody Sq., Kharkiv, Ukraine, 61022;
e-mail: vira.a.kolesnichenko@karazin.ua

© Kolesnichenko V.A., Holka H.H.,
Hresko I.V., Burlaka V.V.,
Vesnin V.V., Vvedensky B.P.,
Vvedensky D.B., 2025

ABSTRACT

Background. Low back pain is one of the most urgent medical and socio-economic problems of society, accompanied by a global increase in the number of years lived with disability (YLDs). The majority of studies associate low back pain with limitation of motor function of the spine and muscle control of the lumbar-pelvic area, however, in a number of reports such a connection was not found.

Purpose – to conduct a comparative assessment of orthopedic status and the results of clinical tests of motor control in asymptomatic volunteers and in patients with lumbar osteochondrosis with moderate pain syndrome.

Materials and Methods. Design: a retrospective controlled study. Material: orthopedic examination protocols of 30 asymptomatic volunteers aged 20–30 years (control group) and 60 patients aged 20–40 years with lumbar osteochondrosis and moderate pain syndrome (main group). Methods: clinical: assessed: lumbar pain intensity using VAS; the level of ODI according to Oswestry Disability Questionnaire, version 2.0; paravertebral muscle tone, lumbar spine mobility according to the Schober method; mobility of the entire spine according to the «finger-floor» test; motor control of the lumbar-pelvic muscles was tested; statistical.

Results. Low back pain according to VAS is considered moderate; the ODI disability level indicated a moderate decrease in activity. The obtained data significantly exceeded the similar indicators of asymptomatic volunteers ($p < 0.05$). The results of the «finger-floor» and Schober tests revealed a reliable limitation of flexion ($p < 0.01$ and $p < 0.05$, respectively). The results of motor control testing revealed 3 types of pathological motor patterns during flexion: 1) fixation of all parts of the spine with flattening of the lumbar lordosis, backward tilt of the pelvis, and hyperextension of the hip and knee joints in 45% of patients and 5% of volunteers; 2) fixation of the cervical and thoracic spine with insignificant mobility in the lumbar spine, tilting of the pelvis backwards and extensor position in the joints in 22.5% and 10%, respectively; 3) moderate fixation of the spine with forward pelvic tilt and flexion in the joints in 32.5% and 30%, respectively.

Conclusions. The presence of moderate low back pain and associated myotonic syndrome in patients with lumbar osteochondrosis is accompanied by inconsistency in the activation of the muscles of the lumbopelvic region with a change in the motor stereotype.

For citation:

Kolesnichenko VA, Holka HH, Hresko IV, Burlaka VV, Vesnin VV, Vvedensky BP, Vvedensky DB. Alteration in motor control in patients with low back pain and myotonic syndrome of lumbar osteochondrosis. *The Journal of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series Medicine.* 2025;33(1(52)):93–102. DOI: <https://doi.org/10.26565/2313-6693-2025-52-08>

ВСТУП

Поперековий біль (ПБ) є однією з найактуальніших медичних та соціально-економічних проблем суспільства. У 2021 році ПБ складав приблизно

INTRODUCTION

Low back pain (LBP) is one of the most urgent medical and socioeconomic problems in society. In 2021, LBP accounted for an estimated 628.8 million prevalent

628,8 млн поширених випадків, 266,9 млн нових випадків та 70,2 млн років життя з поправкою на інвалідність (Disability-Adjusted Life Years, DALYs) [1], що є дев'ятою провідною причиною DALYs у всьому світі [2], простежується глобальне збільшення кількості років, прожитих з інвалідністю (Years Lived with Disability, YLDs) через ПБ [3]. У Сполучених Штатах ПБ посідає перше місце серед 154 станів витрат на охорону здоров'я, на які в 2016 році було витрачено близько 134,5 млрд доларів США [4]. В Японії безробіття серед 1,04 млн японських чоловіків працездатного віку пов'язане з поперековим боєм [5].

ПБ взаємопов'язаний з обмеженням рухової функції хребта, в першу чергу, при виконанні активних рухів – згинання та розгинання, які є невід'ємною частиною повсякденних побутових та виробничих навантажень [6]. В даний час більшість фахівців вважає, що порушення рухової функції хребта при ПБ є наслідком дисфункції м'язів попереково-тазової ділянки зі зміною рухового контролю [7, 8], що проявляється зміною послідовності включення м'язів із відтворенням некерованих рухів поперекових сегментів.

Існують різні гіпотези розвитку змін рухової регуляції м'язів попереково-тазової ділянки. Більшість із них пов'язана з двома основними теоріями, що передбачають: 1) зміна амплітуди та часу початку активації правого та лівого однойменних м'язів викликає порушення синхронності скорочення м'язів та руху хребтових сегментів з активацією механорецепторів та ноцицепторів та відчуттям ПБ, або 2) біль супроводжується міофіксацією [9]. Існує також біомеханічна теорія розвитку дисфункції м'язової системи внаслідок кумулятивних субтомних ушкоджень зв'язок хребта, фіброзного кільця міжхребцевого диска та капсул дуговідростчастих суглобів, розроблена Panjabi M.M. [10]. Згідно з цією теорією, проприоцептори пошкоджених елементів хребтових сегментів генерують спотворені сигнали, що призводить до порушення патернів м'язових відповідей [10].

У той же час є низка повідомлень, в яких не виявлено статистично достовірних відмінностей між результатами порівняльного обстеження попереково-тазового ритму у асимптомних волонтерів та пацієнтів з ПБ [11, 12]. Ці дані можуть вказувати на відсутність достовірного впливу ПБ на руховий контроль м'язів попереково-тазової ділянки при сагітальних рухах і передбачають наявність додаткових факторів, які здатні потенціювати зміну м'язової регуляції.

Мета роботи – провести порівняльну оцінку ортопедичного статусу та результатів клінічних тестів рухового контролю у асимптомних волонтерів та у пацієнтів з остеохондрозом поперекового відділу хребта з помірно вираженим больовим синдромом.

cases, 266.9 million new cases, and 70.2 million disability-adjusted life years (DALYs) [1], which is the ninth leading cause of DALYs worldwide [2], with a global increase in Years lived with disability (YLDs) due to LBP [3]. In the United States, LBP ranks first among 154 health care expenditure conditions, accounting for an estimated US\$ 134.5 billion in 2016 [4]. In Japan, unemployment among 1.04 million Japanese male workers is attributed to LBP [5].

LBP is interconnected with the limitation of the motor function of the spine, first of all, while performing active movements in the sagittal plane – flexion and extension – which are an integral part of everyday household and industrial loads [6]. Currently, the majority of specialists believe that a violation of the motor function of the spine in LBP is a consequence of the dysfunction of the muscles of the lumbar-pelvic region with an alteration in motor control [7, 8], which is manifested by a change in the sequence of muscle activation with the reproduction of uncontrollable movements of the lumbar segments.

There are various hypotheses for the development of changes in the motor control of the lumbar-pelvic region muscles. Most of them are associated with two main theories, which suggest: 1) the change in the amplitude and time of the activation onset of the right and left eponymous muscles causes a violation of the synchronicity of muscle contraction and movement of the vertebral segments with the activation of mechanoreceptors and nociceptors and the sensation of vertebral pain, or 2) pain is accompanied by myofixation of the vertebral segments [9]. There is also a biomechanical theory of the development of muscular system dysfunction due to cumulative sub-fatigue injuries of the vertebral ligaments, fibrous ring of the intervertebral disc and capsules of the facet joints, developed by Panjabi M.M. [10]. According to this theory, the proprioceptors of the damaged elements of the vertebral segments generate distorted signals, which lead to disruption of muscle response patterns [10].

At the same time, there are a number of reports that have not revealed statistically significant differences between the results of a comparative examination of the lumbar-pelvic rhythm in asymptomatic volunteers and patients with LBP [11, 12]. These data may indicate the absence of a reliable effect of LBP on the motor control of the muscles of the lumbar-pelvic region during sagittal movements and suggest the presence of additional factors that can potentiate changes in muscle regulation.

Objective – to conduct a comparative assessment of the orthopedic status and the results of clinical tests of motor control in asymptomatic volunteers and in patients with lumbar osteochondrosis with moderate pain syndrome.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

MATERIALS AND METHODS

Дизайн дослідження – ретроспективне контрольоване дослідження.

Матеріал дослідження – протоколи ортопедичного обстеження 30 асимптомних волонтерів віком 20–30 років (середній вік $(22,4 \pm 2,6)$ років) та 60 хворих 20–40 років ($(33,4 \pm 4,8)$ років) з остеохондрозом поперекового відділу хребта (ОПВХ) з помірним

The study design is a retrospective controlled study.

The material of the study was the protocols of orthopedic examination of 30 asymptomatic volunteers aged by 20–30 years (average age 22.4 ± 2.6 years) and 60 patients 20–40 years (33.4 ± 4.8 years) with osteochondrosis of the lumbar spine with moderate pain syndrome. All examined subjects were male. The group

больовим синдромом. Усі обстежені були чоловічої статі. Контрольна група асимптомних волонтерів складалася з 30 співробітників Комунального некомерційного підприємства «Міська лікарня швидкої та невідкладної медичної допомоги ім. проф. О.І. Мещанінова» Харківської міської ради (МЛШНМД), у яких в анамнезі не було епізодів поперекового болю. Основну групу склали хворі, які спостерігалися у МЛШНМД (n = 20) та у медичному центрі «Інтерсоно» у Львові (n = 40).

Критерії включення у дослідження: волонтери – відсутність скарг на біль у хребті чи суглобах, відсутність неврологічних захворювань; хворі – наявність ПБ тривалістю до 12 місяців, відсутність виражених міотонічних реакцій м'язів попереково-тазової ділянки зі значним обмеженням рухливості поперекового відділу хребта; відсутність відображеного (у нижню кінцівку) болю; відсутність неврологічних рухових розладів з парезами нижніх кінцівок. **Критеріями виключення з дослідження** для волонтерів та пацієнтів були переломи хребта та кісток нижніх кінцівок або оперативні втручання на хребті та нижніх кінцівках в анамнезі, наявність спондилолітезу.

Методи дослідження. Інтенсивність ПБ оцінювали за ВАШ (0 см – відсутність болю; 10 см – нестерпний біль). Рівень дисабілітації ODI визначали за опитувальником Oswestry Disability Questionnaire, версія 2.0 (0 балів – відсутність обмеження активності; 50 балів – повне обмеження активності).

При ортопедичному огляді визначали: тонус паравертебральних м'язів, рухливість поперекового відділу хребта за методом Шобера (у нормі при згинанні відстань між остистими відростками L1 і L5 хребців збільшується на 4 см), загальну рухливість хребта за допомогою тесту «палець-підлога» (у нормі при згинанні кінчик III пальця кисті торкається підлоги). Руховий контроль м'язів попереково-тазової ділянки оцінювали за результатами тестів, що імітують повсякденні рухи: 1) із положення стоячи виконати згинання та розгинання тулуба з максимально можливою амплітудою; 2) з положення стоячи сісти на стілець (тест «стояти-сісти»); 3) підвестися з положення сидячи на стільці (тест «сидіти-підвестися»). Рухи виконували з довільно обраною швидкістю. При виконанні тестів враховувалися амплітуда та напрямки поєднаних рухів поперекового відділу хребта, таза та кульшових суглобів, а також час проведення проби. Кожен з тестів виконувався 3 рази; результат тесту вважався позитивним, якщо його було проведено правильно не менше двох разів.

При статистичних дослідженнях використовували методи описової статистики. Відмінності між групами оцінювали за t-критерієм Стьюдента з рівнем значущості $p < 0,05$. Статистичні дослідження було проведено з використанням SPSS V20.

Дизайн дослідження схвалено на засіданні Комісії з біоетики Харківського національного медичного університету Міністерства охорони здоров'я України (протокол № 7 від 21 січня 2021 р.). Дослідження проводилося відповідно до стандартів біоетики Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи для наукових і медичних досліджень, а також Конвенції Ради Європи про Права людини та біомедицину. Кожен учасник дослід-

of asymptomatic volunteers (control group) consisted of 20 employees of the Municipal non-profit enterprise «City Clinical Hospital of Emergency and Acute Medical Care named after Prof. O.I. Meshchaninov» (CCHEAMC) of the Kharkiv City Council, who had no episodes of low back pain in the history. The group of patients (main group) consisted of patients who were observed in CCHEAMC (n = 20) and in the medical center «Intersono» in Lviv (n = 40).

Study inclusion criteria: volunteers (control group) – no complaints of pain in the spine or joints, no neurological diseases; in patients (main group) – the presence of low back pain lasting up to 12 months, the absence of pronounced myotonic reactions of the lumbar-pelvic region muscles with a significant limitation of the lumbar spine mobility; the absence of referred (in the lower limb) pain; absence of neurological motor disorders with paresis of the lower extremities. **The exclusion criteria from the study** for volunteers and patients were fractures of the spine and bones of the lower extremities or surgeries on the spine and lower extremities in history, the presence of spondylolisthesis.

Research methods. The intensity of LBP was assessed using VAS (0 cm – no pain; 10 cm – unbearable pain). The level of ODI disability was determined using the Oswestry Disability Questionnaire, version 2.0 (0 points – no limitation of activity; 50 points – complete limitation of activity).

During the orthopedic examination, the following were determined: the tone of the paravertebral muscles, the mobility of the lumbar spine according to the Schober method (normally, when bending forward, the distance between the spinous processes of the L1 and L5 vertebrae increases by 4 cm), the total mobility of the spine using the «finger-floor» test (normally, when bending forward, the tip of the third finger of the hand touches the floor). Motor control of the muscles of the lumbar-pelvic region was evaluated based on the results of the tests that imitate everyday movements. The following tests were performed: 1) from a standing position to do flexion and extension of the trunk with the maximum possible amplitude; 2) from a standing position to sit on a chair (test «stand – to – sit»); 3) stand up from a sitting position on a chair (test «sit – to – stand»). The movements were performed at an arbitrary speed chosen by the subject until the onset of moderate pain. When performing the tests, the amplitudes and directions of the combined movements of the lumbar spine, pelvis and hip joints were taken into account, as well as the time of the test. Each of the tests was performed 3 times; the test result was considered as positive if it was performed correctly at least 2 times.

When statistical analyzing, the median was determined with a value of the standard deviation, t-test was evaluated by the method of Student. The level of significance was $p < 0.05$. Statistical studies were conducted using SPSS V20.

The study design was approved at the meeting of the Bioethics Commission of Kharkiv National Medical University (minutes № 7 dated January 21, 2021). The study was conducted in accordance with the bioethical standards of the World Medical Association Declaration of Helsinki on Ethical Principles for Scientific and Medical Research and the Council of Europe

ження надав письмову інформовану згоду на участь у дослідженні.

Convention on Human Rights and Biomedicine. Each study participant provided written informed consent to participate in the study.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

RESULTS AND DISCUSSION

Результати оцінки інтенсивності поперекового болю за ВАШ, рівня дисабілітації ODI свідчили про наявність у пацієнтів помірного болю та помірного зниження активності відповідно. Отримані дані очікувано значуще перевищували аналогічні показники асимптомних волонтерів ($p < 0,05$). Відомості щодо тестування рухливості хребта (тест «палець-підлога») та обсягу рухів поперекових сегментів (тест Шобера) також очікувано виявили достовірне обмеження згинання ($p < 0,01$ та $p < 0,05$ відповідно) – табл. 1. Однією з причин значущого зниження рухливості хребта та його поперекового відділу може бути помірний гіпертонус паравертебральних м'язів, виявлений у всіх хворих основної групи.

The results of the assessment of the intensity of lumbar pain according to VAS, the level of disability ODI indicated the presence of moderate pain and moderate decrease in activity in patients, respectively. The obtained data were expectedly significantly higher than similar indicators of asymptomatic volunteers ($p < 0.05$). Information on testing the mobility of the spine (the «finger-floor» test) and the range of motion of the lumbar segments (the Schober test) also expectedly revealed a reliable limitation of flexion ($p < 0.01$ and $p < 0.05$, respectively) – Table 1. One of the reasons for a statistically significant decrease in the mobility of the lumbar spine and the entire spine may be moderate hypertonicity of the paravertebral muscles, which was detected in all patients of the main group.

Таблиця 1. Деякі статистичні показники ортопедичного статусу асимптомних волонтерів та пацієнтів з поперековим болем
Table 1. Some statistical indicators of the orthopedic status of asymptomatic volunteers and patients with low back pain

Ознака / Sign	Пацієнти/ Patients	Волонтери/ Volunteers
ВАШ, см / VAS, sm	4,6±1,1*	2,2±0,6
ODI, бали / ODI, points	23,5±3,8*	9,4±2,1
Тест Шобера, см / Schober test, sm	2,2±0,6*	4,2±0,8
Тест «палець – підлога», см / «Finger – floor» test, sm	24,4 ± 4,8**	5,2 ± 2,9

Примітка:

* $p < 0,05$;
** $p < 0,01$.

Note:

* $p < 0,05$;
** $p < 0,01$.

Результати виконання функціональних завдань, аналогічних до щоденних побутових навантажень, дозволили встановити зміни рухового стереотипу в усіх хворих. Для виконання згинання та розгинання тулуба з максимально можливою амплітудою з нейтрального положення стоячи пацієнти використовували кілька компенсаторних механізмів. Були зареєстровані:

- фіксація всіх відділів хребта (шийного, грудного та поперекового) зі сплюсненням поперекового лордозу, нахилом таза назад та гіперекстензією кульшових та колінних суглобів у 18 (45%) пацієнтів та у 1 (5%) волонтера (рис. 1, b);
- фіксація шийного та грудного відділів хребта з незначною рухливістю в поперековому відділі, нахилом таза дозад та розгинальною установкою у кульшових та колінних суглобах у 9 (22,5%) хворих та у 2 (10%) волонтерів (рис. 1, c);
- помірна фіксація всього хребетного стовпа з нахилом таза допереду та згинальною установкою в кульшових та колінних суглобах у 13 (32,5%) хворих та у 6 (30%) волонтерів (рис. 1, d).

При виконанні тестів «стояти-сісти» та «сидіти-підвестися» виявлено міофіксацію поперекового відділу хребта та обмеження рухів у грудному відділі хребта. Також у всіх пацієнтів відзначалася затримка рухів тулуба порівняно з початком рухів у кульшових суглобах. Отримані дані свідчать про зміну кінематики

The results of the fulfillment of functional tasks, similar to everyday household loads, made it possible to establish changes in the motor stereotype in all patients. To perform flexion and extension of the trunk with the maximum possible amplitude from a neutral standing position, the patients used several compensatory mechanisms. Were registered:

- fixation of all parts of the spine (cervical, thoracic and lumbar) with flattening of the lumbar lordosis, posterior tilt of the pelvis and hyperextension in the hip and knee joints in 18 (45%) patients and in 1 (5%) volunteer (Fig. 1, b);
- fixation of the cervical and thoracic spine with insignificant mobility in the lumbar spine, posterior inclination of the pelvis and extension position in the hip and knee joints in 9 (22.5%) patients and in 2 (10%) volunteers (Fig. 1, c);
- moderate fixation of the entire spinal column with anterior pelvic tilt and flexion position in the hip and knee joints in 13 (32.5%) patients and in 6 (30%) volunteers (Fig. 1, d).

While performing functional tasks «sit – to – stand» and «stand – to – sit», myofixation of the lumbar spine and limitation of movements in the thoracic spine were found. There was also a delay in trunk movements compared to the onset of movements in the hip joints in all patients. All tests simulating everyday movements were performed in slow motion. The findings indicate

поперекового відділу хребта, таза та кульшових суглобів. Іншими словами, рух суміжних сегментів не синергічний і відбувається із субоптимальною амплітудою та швидкістю.

the change in the kinematics of the lumbar spine, pelvis and hip joints. In other words, the movement of adjacent segments is not synergistic and occurs with suboptimal amplitude and speed.

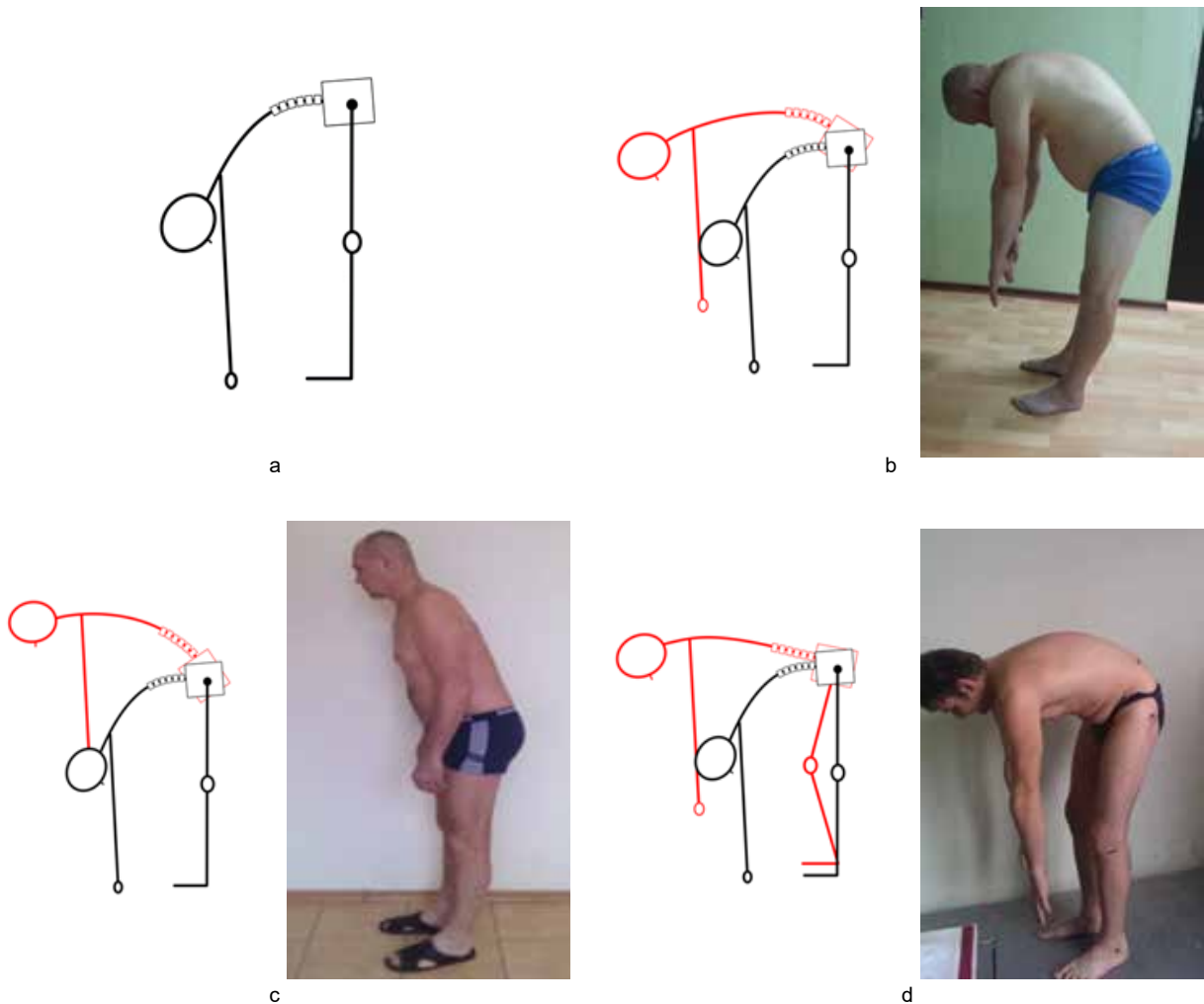


Рис. 1. Варіанти патологічних рухових патернів: а – норма;

- б – фіксація хребта зі сплюсненням поперекового лордозу, нахилом таза дозаду, перерозгинання в кульшовому та колінному суглобах;
- с – фіксація шийного та грудного відділів, незначна рухливість поперекового відділу, нахил таза дозаду та екстензійна установка в кульшовому та колінному суглобах;
- д – помірна фіксація хребетного стовпа з переднім нахилом таза та флексійною установкою в кульшовому та колінному суглобах

Fig. 1. Variants of pathological motor patterns: a – norm;

- b – fixation of the spine with flattening of the lumbar lordosis, backward tilt of the pelvis, hyperextension in the hip and knee joints;
- c – fixation of the cervical and thoracic parts, insignificant mobility of the lumbar part, tilting of the pelvis backwards and extension position in the hip and knee joints;
- d – moderate fixation of the spinal column with anterior tilt of the pelvis and flexion in the hip and knee joints

Згинання хребта є одним з найпоширеніших побутових та виробничих навантажень людини. У нормі при нахилі тулуба допереду з нейтрального положення стоячи з розігнутими колінними суглобами перші 50–60° руху відбуваються за рахунок згинання поперекових сегментів (розтягування м'яза-випрямляча хребта), подальший нахил тулуба вперед забезпечується ротацією таза допереду (розтягування великого сідничного м'яза) і згинанням кульшових суглобів (розтягування м'язів-розгиначів стегна) [12]. У зв'язку з гіпертонусом паравертебральних м'язів

Flexion of the spine is one of the most common household and industrial stresses of a person. Normally, when the trunk is tilted anteriorly from a standing position with the knee joint extended, approximately the first 50–60° movements occur due to flexion of the lumbar segments (stretching of the erector spinae muscle), further forward tilt of the trunk is provided by the anterior rotation of the pelvis (stretching the gluteus maximus muscle) and flexion hip joints (stretching of the hips extensor muscles) [12]. Due to the hypertonicity of the paravertebral muscles with myo-

(що виявлено у всіх хворих досліджуваної групи) та супутньо міофіксацією попереково-тазової ділянки змінюється взаємодія ланок кінематичного ланцюга поперекового відділу хребта – таз – кульшові суглоби, і це функціональне завдання (згинання хребта) виконується за рахунок активації м'язів у найменш енерговитратній для даного суб'єкта послідовності. Дана обставина може пояснити наявність різних варіантів змін стереотипу рухів [13], виявлених у нашому дослідженні. Можливо, ця обставина – виконання локомоцій у найбільш економічному режимі – є однією з причин реестрації змінених патернів рухів у асимптомних волонтерів.

Слід зазначити, що описані в літературі результати порівняльних досліджень кінематики поперекового відділу хребта в контрольній групі волонтерів та групі хворих з ПБ свідчать про недостатню узгодженість даних. Як основна причина неоднорідності результатів таких досліджень розглядається використання різних методів та прийомів вимірювання рухів [14]. Серед причин, які можуть призвести до неоднорідних результатів, також розглядають різну інтенсивність і тривалість ПБ, недостатню вибірку порівнюваних груп [15].

fixation of the lumbar-pelvic region (what was found in all patients in the study group), the interaction of the links of the kinematic chain of the lumbar spine – the pelvis – the hip joints is disrupted, and this functional task is performed due to the activation of muscles in a sequence that is least energy-consuming for a given subject. This circumstance can explain the presence of various variants of changes in the motor stereotype [13], identified in our study. Perhaps this circumstance – performing locomotions in the most economical mode – is one of the reasons for the registration of altered movement patterns in asymptomatic volunteers.

It should be noted that the results of comparative studies of the kinematics of the lumbar spine in the control group of volunteers and in the group of patients with LBP pain presented in the literature indicate insufficient data consistency. The use of various methods and techniques for measuring movements is considered as the main reason for the heterogeneity of the results of such studies [14]. Among the reasons that can lead to heterogeneous results, the different intensity and duration of low back pain, insufficient sample of the compared groups are also considered [15].

ВИСНОВКИ

Наявність помірно вираженого больового та пов'язаного з ним міотонічного синдрому у хворих на остеохондроз поперекового відділу хребта супроводжується неузгодженістю активації м'язів попереково-тазової ділянки зі зміною рухового стереотипу.

CONCLUSIONS

The presence of moderate low back pain and associated myotonic syndrome in patients with lumbar osteochondrosis is accompanied by inconsistency in the activation of the muscles of the lumbopelvic region with a change in the motor stereotype.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Li Y., Zou C., Guo W., Han F., Fan T., Zang L., Huang G. Global burden of low back pain and its attributable risk factors from 1990 to 2021: a comprehensive analysis from the global burden of disease study 2021. *Frontiers in Public Health, Section Aging and Public Health*. 2024. Vol. 12. 1480779 p. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1480779>
2. GBD 2021 Diseases and Injuries Collaborators. Global incidence, prevalence, years lived with disability (YLDs), disability-adjusted life-years (DALYs), and healthy life expectancy (HALE) for 371 diseases and injuries in 204 countries and territories and 811 subnational locations, 1990–2021: a systematic analysis for the global burden of disease study 2021. *Lancet*. 2024. Vol. 403. P. 2133–2161. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(24\)00757-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)00757-8)
3. Chen S., Chen M., Wu X., Lin S., Tao C., Cao H., Shao Z., Xiao G. Global, regional and national burden of low back pain 1990–2019: a systematic analysis of the global burden of disease study 2019. *The Journal of Orthopaedic Translation*. 2022. Vol. 32. P. 49–58. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jot.2021.07.005>
4. Dieleman J.L., Cao J., Chapin A., Chen C., Li Z., Liu A. US health care spending by payer and health condition, 1996–2016. *Journal of the American Medical Association*. 2020. Vol. 323. P. 863–884. DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.2020.0734>
5. Tomioka K., Kitahara T., Shima M., Saeki K. Fraction and number of unemployed associated with self-reported low back pain: a nation-wide cross-sectional study in Japan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021. Vol. 18. 760 p. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph182010760>
6. Arx M., Liechti M., Connolly L., Bangertner C., Meier M.L., Schmid S. From Stoop to Squat: A Comprehensive Analysis of Lumbar Loading Among Different Lifting Styles. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2021. Vol. 9. 769117 p. DOI: <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.769117>

REFERENCES

1. Li Y., Zou C., Guo W., Han F., Fan T., Zang L., Huang G. Global burden of low back pain and its attributable risk factors from 1990 to 2021: a comprehensive analysis from the global burden of disease study 2021. *Frontiers in Public Health*. 2024;12:1480779. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1480779>
2. GBD 2021 Diseases and Injuries Collaborators. Global incidence, prevalence, years lived with disability (YLDs), disability-adjusted life-years (DALYs), and healthy life expectancy (HALE) for 371 diseases and injuries in 204 countries and territories and 811 subnational locations, 1990–2021: a systematic analysis for the global burden of disease study 2021. *The Lancet*. 2024;403:2133–61. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(24\)00757-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)00757-8)
3. Chen S., Chen M., Wu X., Lin S., Tao C., Cao H., Shao Z., Xiao G. Global, regional and national burden of low back pain 1990–2019: a systematic analysis of the global burden of disease study 2019. *The Journal of Orthopaedic Translation*. 2022;32:49–58. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jot.2021.07.005>
4. Dieleman J.L., Cao J., Chapin A., Chen C., Li Z., Liu A. US health care spending by payer and health condition, 1996–2016. *Journal of the American Medical Association*. 2020;323:863–84. DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.2020.0734>
5. Tomioka K., Kitahara T., Shima M., Saeki K. Fraction and number of unemployed associated with self-reported low back pain: a nation-wide cross-sectional study in Japan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18:760. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph182010760>
6. Arx M., Liechti M., Connolly L., Bangertner C., Meier M.L., Schmid S. From stoop to squat: a comprehensive analysis of lumbar loading among different lifting styles. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2021;9:769117. DOI: <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.769117>

- Xi X., Zhang L., Yu H., Qin Y., Jia L., Tsai T-Y, Yu Y, Cheng L. Different Spatial Characteristic Changes in Lumbopelvic Kinematics Before and After Fatigue: Comparison Between People with and Without Low Back Pain. *Bioengineering*. 2025. Vol. 12 (3). 214 p. DOI: <https://doi.org/10.3390/bioengineering12030214>
- Smith J.A., Stabbert H., Bagwell J.J., Teng H.L., Wade V., Lee S.P. Do people with low back pain walk differently? A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Sport Health Science*. 2022. Vol. 11. P. 450–465. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2022.02.001>
- Hodges P.W., Danneels L. Changes in Structure and Function of the Back Muscles in Low Back Pain: Different Time Points, Observations, and Mechanisms. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2019. Vol. 49 (6). P. 464–476. DOI: <https://doi.org/10.2519/jospt.2019.8827>
- Panjabi M.M. A hypothesis of chronic back pain: Ligament subfailure injuries lead to muscle control dysfunction. *European Spine Journal*. 2006. Vol. 15 (5). P. 668–676. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00586-005-0925-3>
- Sung W., Hicks G.E., Ebaugh D., Smith S.S., Stackhouse S., Wattananon P., Silfies S.P. Individuals With and Without Low Back Pain Use Different Motor Control Strategies to Achieve Spinal Stiffness During the Prone Instability Test. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2019. Vol. 12. P. 899–907. DOI: <https://doi.org/10.2519/jospt.2019.8577>
- Quirk A., Trudel R.D., Hubley-Kozey C.L. Trunk Muscle Activation Patterns Differ Between Those With Low and High Back Extensor Strength During a Controlled Dynamic Task. *Frontiers in Sports and Active Living*. 2020. Vol. 1. 67 p. DOI: <https://doi.org/10.3389/fspor.2019.00067>
- Yang N., An Q., Yamakawa H., Tamura Y., Yamashita A., Asama H. Muscle synergy structure using different strategies in human standing-up motion. *Advanced Robotics*. 2017. Vol. 31 (1–2). P. 40–54. DOI: <https://doi.org/10.1080/01691864.2016.1238781>
- Apti A., Colac T.K., Aksay B. Range of Motion Assessment. *The Journal of Turkish Spinal Surgery*. 2023. Vol. 34 (3). P. 113–117. DOI: <https://doi.org/10.4274/jtss.galenos.2023.33042>
- Papi E., Bull A.M.J., McGregor A.H. Is there evidence to use kinematic / kinetic measures clinically in low back pain patients? A systematic review. *Clinical Biomechanics*. 2018. Vol. 55. P. 53–64. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2018.04.006>
- Xi X., Zhang L., Yu H., Qin Y., Jia L., Tsai T-Y, Yu Y, Cheng L. Different spatial characteristic changes in lumbopelvic kinematics before and after fatigue: comparison between people with and without low back pain. *Bioengineering*. 2025;12(3):214. DOI: <https://doi.org/10.3390/bioengineering12030214>
- Smith JA, Stabbert H, Bagwell JJ, Teng HL, Wade V, Lee SP. Do people with low back pain walk differently? A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Sport and Health Science*. 2022;11:450–65. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2022.02.001>
- Hodges PW, Danneels L. Changes in structure and function of the back muscles in low back pain: different time points, observations, and mechanisms. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2019;49(6):464–76. DOI: <https://doi.org/10.2519/jospt.2019.8827>
- Panjabi MM. A hypothesis of chronic back pain: ligament subfailure injuries lead to muscle control dysfunction. *European Spine Journal*. 2006;15(5):668–76. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00586-005-0925-3>
- Sung W, Hicks GE, Ebaugh D, Smith SS, Stackhouse S, Wattananon P, Silfies SP. Individuals with and without low back pain use different motor control strategies to achieve spinal stiffness during the prone instability test. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2019;12:899–907. DOI: <https://doi.org/10.2519/jospt.2019.8577>
- Quirk A, Trudel RD, Hubley-Kozey CL. Trunk muscle activation patterns differ between those with low and high back extensor strength during a controlled dynamic task. *Frontiers in Sports and Active Living*. 2020;1:67. DOI: <https://doi.org/10.3389/fspor.2019.00067>
- Yang N, An Q, Yamakawa H, Tamura Y, Yamashita A, Asama H. Muscle synergy structure using different strategies in human standing-up motion. *Advanced Robotics*. 2017;31(1–2):40–54. DOI: <https://doi.org/10.1080/01691864.2016.1238781>
- Apti A, Colac TK, Aksay B. Range of motion assessment. *The Journal of Turkish Spinal Surgery*. 2023;34(3):113–7. DOI: <https://doi.org/10.4274/jtss.galenos.2023.33042>
- Papi E, Bull AMJ, McGregor AH. Is there evidence to use kinematic /kinetic measures clinically in low back pain patients? A systematic review. *Clinical Biomechanics*. 2018;55:53–64. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2018.04.006>

Перспективи подальших досліджень

Prospects for further research

Перспективним напрямком подальших досліджень являється порівняльна оцінка рентгеноанатомічних особливостей поперекових хребців у асимптомних волонтерів та пацієнтів з остеохондрозом поперекового відділу хребта з помірним больовим синдромом та порушеннями рухового контролю м'язів попереково-тазової ділянки.

A promising direction for further research is a comparative assessment of the X-ray anatomical features of the lumbar vertebrae in asymptomatic volunteers and patients with osteochondrosis of the lumbar spine with moderate pain syndrome and impaired motor control of the muscles of the lumbopelvic region.

Конфлікт інтересів

Conflict of interest

Автори рукопису свідомо засвідчують відсутність фактичного або потенційного конфлікту інтересів щодо результатів цієї роботи з фармацевтичними компаніями, виробниками біомедичних пристроїв, іншими організаціями, чиї продукти, послуги, фінансова підтримка можуть бути пов'язані з предметом наданих матеріалів або які спонсорували проведені дослідження.

The authors of the manuscript consciously declare the absence of actual or potential conflict of interest regarding the results of this work with pharmaceutical companies, manufacturers of biomedical devices, other organizations whose products, services, financial support may be related to the subject of the provided materials or sponsored studies.

Інформація про фінансування

Funding information

Фінансування видатками Державного бюджету України. Стаття є фрагментом планової науково-дослідної роботи кафедри травматології та ортопедії Харківського національного медичного університету Міністерства охорони здоров'я України «Діагностика остеопорозу при інфекційних запальних захворюваннях опорно-рухового апарату», номер державної реєстрації: 01200U102453, термін виконання: 2021–2024 рр., керівник – завідувач кафедри, доктор медичних наук, професор Г.Г. Голка.

Financing from State Budget expenditures. The article is a fragment of the planned research work of the Department of Traumatology and Orthopedics of the Kharkiv National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine «Diagnosis of osteoporosis in infectious inflammatory diseases of the musculoskeletal system», state registration number: 0120U102453, implementation period: 2021–2024, supervisor – head of the department, Doctor Medical sciences, Professor H.H. Holka.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Колесніченко Віра Анатоліївна – доктор медичних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри хірургічних хвороб медичного факультету Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна Міністерства освіти і науки України; майдан Свободи, буд. 4, м. Харків, Україна, 61022;

e-mail: vira.a.kolesnichenko@karazin.ua
моб.: +38 (066) 141-89-91

Внесок автора: концепція та дизайн дослідження, аналіз та інтерпретація даних, підбір літературних джерел за темою роботи, остаточне затвердження статті.

Голка Григорій Григорович – доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри травматології та ортопедії Харківського національного медичного університету Міністерства охорони здоров'я України; просп. Науки, буд. 4, м. Харків, Україна, 61022;

e-mail: gr.golka@ukr.net
моб.: +38 (050) 400-95-76

Внесок автора: аналіз та інтерпретація даних, формулювання висновків, редагування статті, остаточне затвердження статті.

Гресько Ігор Володимирович – кандидат медичних наук, лікар ортопед-травматолог Приватного підприємства «Мережа медичних центрів "Родина"»; вул. Володимира Великого, буд. 34, м. Львів, Україна, 70053;

e-mail: gresko.i.v@gmail.com
моб.: +38 (097) 935-87-04

Внесок автора: збір даних, аналіз отриманих даних та їх статистична обробка, написання тексту статті.

Бурлака Віктор Володимирович – кандидат медичних наук, доцент кафедри травматології та ортопедії Харківського національного медичного університету Міністерства охорони здоров'я України; просп. Науки, буд. 4, м. Харків, Україна, 61022;

e-mail: vv.burlaka@knmu.edu.ua
моб.: +38 (096) 926-42-49

Внесок автора: проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих даних та їх статистична обробка, написання тексту статті.

Веснін Володимир Вікторович – кандидат медичних наук, доцент кафедри травматології та ортопедії Харківського національного медичного університету Міністерства охорони здоров'я України; просп. Науки, буд. 4, м. Харків, Україна, 61022;

e-mail: vesninagroup@gmail.com
моб.: +38 (050) 061-43-53

Внесок автора: проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих даних та їх статистична обробка, написання тексту статті.

Kolesnichenko Vira Anatoliivna – Doctor of Medical Sciences, Senior Scientific Specialist in Medicine, Professor of the Department of Surgical Diseases of the Medical Faculty of the V.N. Karazin Kharkiv National University of the Ministry of Education and Science of Ukraine; 4 Svobody Sq., Kharkiv, Ukraine, 61022;

e-mail: vira.a.kolesnichenko@karazin.ua
tel.: +38 (066) 141-89-91

Author's contribution: concept and design of the study, analysis and interpretation of data, selection of literary sources on the topic of the work, final approval of the article.

Holka Hrigorii Hrigorovich – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Traumatology and Orthopedics, Kharkiv National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine; 4 Nauky Ave., Kharkiv, Ukraine, 61022;

e-mail: gr.golka@ukr.net
tel.: +38 (050) 400-95-76

Author's contribution: data analysis and interpretation, formulation of conclusions, editing of the article, final approval of the article.

Hresko Ihor Volodymyrovych – Candidate of Medical Sciences, Orthopedic Traumatologist of the Private Enterprise «Network of Medical Centers "Rodina"»; 74 Volodymyr Velykyi Str., Lviv, Ukraine, 79010;

e-mail: gresko.i.v@gmail.com
tel.: +38 (097) 935-87-04

Author's contribution: conducting experimental studies, analyzing the obtained data and their statistical processing, writing the text of the article.

Burlaka Viktor Volodymyrovych – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Traumatology and Orthopedics of the Kharkiv National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine; 4 Nauky Ave., Kharkiv, Ukraine, 61022;

e-mail: vv.burlaka@knmu.edu.ua
tel.: +38 (096) 926-42-49

Author's contribution: conducting experimental studies, analyzing the obtained data and their statistical processing, writing the text of the article.

Vesnin Volodymyr Viktorovich – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Traumatology and Orthopedics of the Kharkiv National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine; 4 Nauky Ave., Kharkiv, Ukraine, 61022;

e-mail: vesninagroup@gmail.com
tel.: +38 (050) 061-43-53

Author's contribution: conducting experimental studies, analyzing the obtained data and their statistical processing, writing the text of the article.

Введенський Борис Петрович – кандидат медичних наук, доцент кафедри хірургічних хвороб медичного факультету Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна Міністерства освіти і науки України; майдан Свободи, буд. 4, м. Харків, Україна, 61022;
e-mail: ortopeddkb@gmail.com
моб.: +38 (067) 570-79-39

Внесок автора: підбір літературних джерел за темою роботи, збір даних, участь у проведенні тестових завдань.

Введенський Дмитро Борисович – кандидат медичних наук, асистент кафедри хірургічних хвороб медичного факультету Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна Міністерства освіти і науки України; майдан Свободи, буд. 4, м. Харків, Україна, 61022;
e-mail: vvedenskyd@ukr.net
моб.: +38 (063) 875-44-09

Внесок автора: підбір літературних джерел за темою роботи, збір даних, участь у проведенні тестових завдань.

Vvedensky Boris Petrovich – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Surgical Diseases of the Medical Faculty of the V.N. Karazin Kharkiv National University of the Ministry of Education and Science of Ukraine; 4 Svobody Sq., Kharkiv, Ukraine, 61022;
e-mail: ortopeddkb@gmail.com
tel.: +38 (067) 570 7939

Author's contribution: selection of literary sources on the topic of the work, collection of data, participation in conducting test tasks.

Vvedensky Dmitro Borisovich – Candidate of Medical Sciences, Assistant of the Department of Surgical Diseases of the Medical Faculty of the V.N. Karazin Kharkiv National University of the Ministry of Education and Science of Ukraine; 4 Svobody Sq., Kharkiv, Ukraine, 61022;
e-mail: vvedenskyd@ukr.net
tel.: +38 (063) 875 4409

Author's contribution: selection of literary sources on the topic of the work, collection of data, participation in conducting test tasks.

Рукопис надійшов
Manuscript was received
10.01.2025

Отримано після рецензування
Received after review
12.02.2025

Прийнято до друку
Accepted for printing
23.02.2025

Опубліковано
Published
28.02.2025