OPEN ACCESS

DOI: 10.25040/ntsh2021.01.12

Для листування:

вул. Личаківська, 26, м. Львів, Україна
79000

Е-пошта: isbogdan100@gmail.com
zakplakhtyr@gmail.com
nasfuror@gmail.com

Стаття надійшла: 5.03.2021

Прийнята до друку: 23.04.2021

Опублікована онлайн: 29.06.2021

© Іван Богдан,
Захар Плахтир,
Анастасія Богдан, 2021

ORCID IDs

Ivan Bohdan

<https://orcid.org/0000-0001-6974-4778>

Zakhar Plakhtyr

<https://orcid.org/0000-0003-4310-8946>

Anastasiya Bohdan

<https://orcid.org/0000-0001-9433-7875>

Конфлікт інтересів: Автори декларують, що немає конфлікту інтересів.

Особистий внесок авторів:

Іван Богдан: концепція, редагування та затвердження остаточного варіанту статті.

Захар Плахтир: написання статті.

Анастасія Богдан: аналіз та статистична обробка результатів дослідження.

Фінансування. Немає фінансування.

Дозвіл біоетики. Дозвіл комісії з біоетики Української військово-медичної академії про проведення дослідження № 73 від 12.04.2021.

Роль променевої діагностики у ранньому виявленні та контролі перебігу гнійного остеомієліту хребта

Іван Богдан¹, Захар Плахтир², Анастасія Богдан¹

¹ Військово-медичний клінічний центр Західного регіону (ВМКЦ ЗР), м. Львів, Україна

² Українська військово-медична академія, м. Київ, Україна

Актуальність. Рання діагностика гнійного остеомієліту хребта важлива для своєчасного визначення лікувальної тактики, попередження гнійно-деструктивних ускладнень, але саме через неспецифічність клінічної картини вона представляє найбільшу складність для лікаря.

Матеріали та методи дослідження. Проведено ретроспективне дослідження стандартизованих клінічних даних пацієнтів (N=54), які проходили лікування у відділенні нейрохірургії Військово-медичного клінічного центру Західного регіону в період 2010–2020 років. За пацієнтами спостерігали упродовж 12–36 місяців.

Результати дослідження та їхнє обговорення. Виявлено, що при рентгенографії у жодному випадку не було знайдено запальних змін хребців, специфічних для остеомієліту, що суттєво відтермінувало встановлення діагнозу.

У статті проаналізовано та згруповано радіологічні ознаки поширення запального процесу хребта при спондилодисциті за КТ та МР стадіями.

Тільки у 29 % хворих спондилодисцит діагностований методом КТ хребта на пізній третій стадії. У 51,6 % осіб виявлені неспецифічні деструктивні зміни хребців, які вимагали додаткового

призначення МРТ дослідження з метою встановлення діагнозу. У 19,4 % обстежених за наявності першої МР стадії не було виявлено специфічних КТ ознак остеомієліту.

МРТ обстеження хребта є основним специфічним (93 %), точним (94 %) та чутливим (97 %) методом ранньої діагностики гнійного остеомієліту. Незважаючи на те, що за даними світової літератури МРТ недостатньо чутливе для оцінки динаміки запального процесу у хребті, прогресуюче зростання інтенсивності T1 сигналу від кортикального шару ураженого хребця достовірно корелює зі зниженням запальних змін і нормалізацією С-реактивного білка (СРБ) у пацієнтів. Це дало нам підстави виокремити це променеве явище як феномен «контуру хребця» (ФКХ). Встановлено достовірний зв'язок між СРБ та феноменом «контуру хребця» на МРТ.

Висновки. Для ранньої діагностики гнійного остеомієліту хребта МРТ обстеження є основним специфічним та чутливим методом.

Ми пропонуємо комбінувати рівень СРБ та МР феномен «контуру хребця» у практичній діяльності як маркери контролю динаміки спондилодисциту й обґрунтування тактики антибактеріальної терапії. Мета статті — проаналізувати клінічну достовірність різних методів променевої діагностики стосовно раннього виявлення остеомієліту хребта та контролю перебігу захворювання.

Ключові слова: вертебральний остеомієліт, спондилодисцит, променева діагностика, магнітно-резонансна томографія хребта, комп'ютерна томографія, рентгенографія, С-реактивний білок, феномен «контуру хребця».

Early imaging and course-of-disease control markers of pyogenic vertebral osteomyelitis

Ivan Bohdan¹, Zakhar Plakhtyr², Anastasiya Bohdan¹

¹ *Military Medical Clinical Centre of Western Region
Lviv, Ukraine*

² *Ukrainian Military Medical Academy, Kyiv, Ukraine*

Background. The diagnosis of early pyogenic vertebral osteomyelitis is essential for prompt determination of treatment strategy and prevention of suppurative-destructive complications, although the nonspecific clinical manifestation obstructs timely disease detection.

Aim. To analyse the clinical accuracy of various radiological imaging methods for early detection and control over vertebral osteomyelitis course

Materials and methods. A retrospective study of standardized clinical data of patients (N = 54) who underwent treatment at the Neurosurgery Department of the MMCC WR between 2010 and 2020 was carried out. Patients were observed for 12–36 months.

Study findings and discussion. Our study revealed that during radiological imaging, inflammatory changes in the vertebrae specific to osteomyelitis were not found in any case, which significantly delays the diagnosis.

The study analysed and grouped radiological signs of the inflammatory process spread in the vertebrae in case of spondylodiscitis by CT and MR stages.

Spondylodiscitis was diagnosed by CT of the spine in the late third stage only in 29.0 % of patients. Nonspecific destructive changes of vertebrae were detected in 51.6% of persons, which required additional MRI examination to establish the diagnosis. In 19.4% of those examined in the presence of the first MR stage, no specific CT signs of osteomyelitis were found.

MRI scan of the spine is the main specific (93 %), accurate (94 %) and sensitive (97 %) method for early detection of pyogenic osteomyelitis. Although according to the world literature, MRI is not sensitive enough to assess the dynamics of the inflammatory process in the spine, the progressive increase in signal intensity of vertebral cortex on T1-weighted images within affected vertebrae correlates well with inflammation resolving and C-reactive protein (CRP) level normalization. We described this radiological sign as a «vertebral rim» phenomenon (VRP). In our study, a reliable correlation was found between CRP level and the «vertebral rim» phenomenon on MRI.

Conclusions. For early detection of pyogenic vertebral osteomyelitis, MRI examination is the main specific and sensitive method.

We suggest combining the CRP level and «vertebral rim» sign in practice as dynamics of spondylodiscitis markers and justification of antibacterial therapy strategy.

Keywords: vertebral osteomyelitis, spondylodiscitis, radiological imaging, spine MRI, computed tomography, radiography, C-reactive protein, «vertebral rim» sign.

OPEN ACCESS

DOI: 10.25040/ntsh2021.01.12

For correspondence:

26 Lychakivska Street, Lviv, Ukraine, 79000
E-nowra: isbogdan100@gmail.com
zakplakhtyr@gmail.com
nasfuror@gmail.com

Received: Mar, 5, 2021

Accepted: Apr, 23, 2021

Published online: Jun, 29, 2021

© Ivan Bohdan,
Zakhar Plakhtyr,
Anastasiya Bohdan, 2021

ORCID IDs

Ivan Bohdan
<https://orcid.org/0000-0001-6974-4778>
Zakhar Plakhtyr
<https://orcid.org/0000-0003-4310-8946>
Anastasiya Bohdan
<https://orcid.org/0000-0001-9433-7875>

Disclosures. Authors state that there is no conflict of interest

Author Contributions:

Ivan Bohdan: conceptualization, review & editing.
Zakhar Plakhtyr: original draft
Anastasiya Bohdan: results of study

Funding. No Funding.

Ethical approval: Statistical analysis of N 73 (12.04.2021).

Вступ

Спондилодисцит — це гнійний остеомієліт хребта, який визначається інфекційним процесом, що починається з ураження замикальних пластин, супроводжується деструкцією тіл хребців, вторинним втягненням міжхребцевого диску та поширенням на паравертебральні м'які тканини й епідуральний простір [1–2].

Частота гнійного спондилодисциту становить 2–7 % усіх інфекційних уражень опорно-рухового апарату. Патологічний процес частіше розвивається в поперековому відділі (60 %), у грудному відділі локалізується у 30 % пацієнтів, а у шийному — в 11 % осіб [3]. У 65 % випадків вогнище виникає в одному дисковертебральному комплексі, у 20 % у кількох суміжних, у 10 % — у кількох несуміжних рівнях [3–4].

За клінічним перебігом виокремлюють гострі, підгострі і хронічні спондилодисцити. Традиційно при тривалості захворювання менше двох місяців гнійний остеомієліт хребта розглядають як гострий, від двох до шести місяців — як підгострий, хронічний перебіг для неспецифічного ураження встановлюють при тривалості процесу більше шести місяців, специфічного — більше дванадцяти місяців [5].

Найбільш ранньою рентгенологічною ознакою гнійного спондилодисциту є втрата чіткості переднього краю замикальної пластини хребця з подальшим зниженням висоти диска, поступовим розвитком остеолізу з наступним руйнуванням субхондральної пластинки, які фіксуються лише через 2–8 тижнів від початку захворювання [6–7]. Пізні рентгенологічні зміни включають руйнування протилежної кінцевої пластинки, зменшення висоти хребця. Затемнення в проекції клубово-поперекового м'яза є класичною неспецифічною знахідкою, що має викликати підозру з приводу спінальної інфекції [8].

Більш чутливим (68 %), специфічним (97 %) та точним (80 %) методом діагностики спондилодисциту є комп'ютерна томографія (КТ), однак цей метод фіксує вже кісткову деструкцію тіл хребців [9–10].

За допомогою КТ можна виявити такі зміни, як раннє руйнування кінцевих пластинок, склероз тіл хребців, зниження висоти і щільності міжхребцевих дисків, латеродислокацію, анте- і ретролістез тіл хребців, наявність набряку паравертебральних тканин, формування гнійної деструкції тканин. Зміни в міжхребцевих дисках проявляються у вигляді гіподенсивних ділянок [9–11]. КТ дає найбільш чітке зображення секвестрів та патологічної кальцифікації. Використання внутрішньовенного контрастування при комп'ютерній томографії допомагає виявити епідуральні та паравертебральні абсцеси, флегмони [12].

На сьогодні достовірно скорочення часу встановлення діагнозу піогенного остеомієліту хребта досягається високою клінічною настороженістю і раннім використанням магнітно-резонансної томографії (МРТ). Крім того, його перевага над іншими методами діагностики полягає у здатності до візуалізації епідурального простору і спинного мозку. Чутливість цього методу становить 97 %, специфічність — 93 %, діагностична точність — 94 % [13–15].

Матеріали та методи дослідження

Проведений ретроспективний аналіз стандартизованих клінічних даних медичних карт пацієнтів (N=54), які проходили стаціонарне та амбулаторне лікування у відділенні нейрохірургії ВМКЦ ЗР в період 2010–2020 років з діагнозом «Неспецифічний спондилодисцит». Від усіх учасників клінічного дослідження отримано інформовану згоду. Середній вік осіб дослідження становив $55,8 \pm 4,1$ років, серед них 38 чоловіків та 16 жінок. Пацієнтам проводилась рентгенографія, комп'ютерна томографія, магнітно-резонансна томографія хребта, загальноклінічні, біохімічні дослідження крові, вивчення глікемічного профілю, вивчення С-реактивного білка, бактеріологічне дослідження крові та інтраопераційного біоптату, загальноклінічне, вертебологічне, неврологічне обстеження. Діагноз встановлювався на підставі критеріїв МРТ, описаних у праці [16], підвищення запальних маркерів у крові, верифікації патологічного збудника, виділеного при періопераційному бактеріологічному дослідженні запального вогнища. Ураження хребта туберкульозом, бруцельозом виключалися на

Introduction

Spondylodiscitis is pyogenic vertebral osteomyelitis, which is characterized by an infectious process beginning with erosion of endplates, accompanied by the destruction of vertebral bodies, secondary retraction of the intervertebral disc and extension to the paravertebral soft tissues and epidural space [1, 2].

Pyogenic spondylodiscitis accounts for 2–7% of all cases of musculoskeletal infections. The lumbar spine is the most common site of the pathological process (60%), followed by the thoracic region (30%), and cervical region (11%) [3]. In 65% of cases, the focus occurs in one disco-vertebral complex, 20% — in multiple contiguous levels, 10% — in multiple non-contiguous levels [3, 4].

According to the clinical course, spondylodiscitis can be acute, subacute and chronic. Traditionally, when the disease lasts less than two months, pyogenic vertebral osteomyelitis is considered to be acute, from 2 to 6 months — subacute, and the chronic course for nonspecific involvement is established when the process lasts more than 6 months, while specific involvement — when it lasts more than 1 year [5].

The earliest radiographic sign of pyogenic spondylodiscitis (between two and eight weeks after the initial symptoms) is loss of definition of the anterior aspect of the vertebral bony endplate, followed by loss of disc height, gradual development of osteolysis, and further destruction of the subchondral plate [6, 7]. Further radiographic changes include destruction of the opposite end plate, reduction of vertebral height. Shadowing in the projection of the iliopsoas muscle is a classic nonspecific sign that should raise suspicion of spinal infection [8].

Computed tomography (CT) is a more sensitive (68%), specific (97%) and accurate (80%) method for detecting spondylodiscitis, but this method already records bone destruction of vertebral bodies [9,10].

CT can detect such changes as early destruction of endplates, sclerosis of vertebral bodies, decreased height, and density of inter-

vertebral discs, laterodislocation, ante- and retrolisthesis of vertebral bodies, the presence of paravertebral tissue oedema, the formation of suppurative tissue destruction. Changes in the intervertebral discs are seen as hypotensive areas [9, 11]. CT gives the clearest image of sequestration and pathological calcification. The use of intravenous contrast in computed tomography helps detect epidural and paravertebral abscesses, phlegmons [12].

Nowadays, a significant reduction in the time of pyogenic vertebral osteomyelitis diagnosis is achieved by high clinical suspicion and early use of magnetic resonance imaging (MRI). In addition, its advantage over other diagnostic methods involves the ability to visualize the epidural space and spinal cord. The sensitivity of this method is 97%, specificity — 93%, diagnostic accuracy — 94% [13–15].

Materials and methods

A retrospective analysis of standardized clinical data from medical records of patients (N = 54) who underwent inpatient and outpatient treatment in the Neurosurgery Department of the MMCC WR between 2010 and 2020 with a diagnosis of «Nonspecific spondylodiscitis» has been conducted. The average age of study subjects was 55.8 ± 4.1 years, including 38 men and 16 women. Patients underwent radiography, computed tomography, magnetic resonance imaging of the spine, general clinical, biochemical blood tests, glycaemic profile study, C-reactive protein study, bacteriological examination of blood and intraoperative biopsy material, general clinical, vertebral, neurological examination. The diagnosis was established based on MRI criteria described by Flamme et al., 2001 [16], an increase of inflammatory markers in the blood, verification of the pathogen isolated during the perioperative bacteriological examination of the inflammatory focus. Spinal lesions by tuberculosis, brucellosis were excluded based on the quantiferon test, enzyme-linked immunosorbent assays. The spread of inflammatory process in the spine according to MRI was classified into four stages [17], where the first stage is MR-signs of spondylitis or discitis, the second stage — MR-signs of spondylodiscitis, the third — MR-signs of spondylodiscitis with paravertebral, epidural

підставі квантиферонового тесту, імуноферментних досліджень. Поширеність запального процесу у хребті, за даними МРТ була класифікована на чотири стадії [17], де перша стадія — МР ознаки спондиліту чи дисциту, друга стадія — МР ознаки спондилодисциту, третя — МР ознаки спондилодисциту з наявністю паравертебральних, епідуральних абсцесів чи флегмон. Відсутність МР ознак захворювання, досягнутих на фоні проведеного лікування, відповідає нульовій стадії.

Результати дослідження та їхнє обговорення

Середній термін перебування пацієнтів у стаціонарі становив $35 \pm 3,84$ днів, амбулаторне лікування продовжувалось впродовж $48 \pm 12,5$ днів. Пацієнти в нашому дослідженні спостерігалися впродовж 12–36 місяців.

Від перших скарг до встановлення діагнозу остеомиєліту хребта проходить від 1 до 3 місяців, що пов'язано з нетиповістю симптоматики, яка часто маскується під перебіг дегенеративних захворювань хребта [18–19].

Ураження шийного відділу хребта спостерігалось у 6-ти (9,4 %) пацієнтів, грудного — у 22-х (34,4 %), попереково-крижового — у 36 хворих (56,3 %). Дані представлені на рис. 1.

У 41-го пацієнта процес уражав лише один дисковертебральний комплекс (75,9 %), у 8-ми обстежених поширювався на два і більше суміжних рівні (14,8 %), у 5-ти осіб процес уражав два і більше несуміжних дисковертебральних комплекси (9,3 %).

Рентгенографія хребта проводилась 23-м обстеженим пацієнтам амбулаторно на ранньому етапі спондиліту у зв'язку з тривалим

більшовим синдромом, що склало 42,6 %. У жодному випадку не було виявлено запальних змін хребців, характерних для остеомиєліту, та, ймовірно, суттєво відтермінувало встановлення діагнозу. У 20-ти пацієнтів (37 %) у процесі лікування діагностованого спондилодисциту було виправдане проведення рентгенографії для контролю деструктивно-деформаційних змін хребців та передопераційної підготовки пацієнтів.

Рис. 1. Структура досліджуваних хворих на спондилодисцит за локалізацією запального процесу

Рентгенографія хребта, яка раніше була ключовим методом в діагностиці спінальної інфекції, на початковій стадії процесу зазвичай не виявляє змін через низьку чутливість і специфічність [13], проте відповідно

Табл. 1

Радіологічні ознаки поширення запального процесу хребта при спондилодисциті, згруповані за КТ та МР стадіями

Стадії розвитку	Комп'ютерна томографія хребта	Магнітно-резонансна томографія хребта
Нульова стадія	Відсутність КТ змін	Відсутність МРТ змін
Перша стадія	Зниження висоти міжхребцевого диска	МР-ознаки спондиліту / дисциту
Друга стадія	Деструкція замикаючих пластинок хребця	МР ознаки спондилодисциту, деструктивні зміни хребця
Третя стадія	Наявність паравертебрального та інтравертебрального поширення процесу	Наявність паравертебрального та інтравертебрального поширення процесу

abscesses or phlegmons. The absence of MR signs of the disease, achieved against the background of undergone treatment, corresponds to zero stage.

Study findings and discussion.

The average length of patients' stay in the hospital was 35 ± 3.84 days, outpatient treatment continued for 48 ± 12.5 days. Patients under our study were observed for 12-36 months.

Between 1 and 3 months passed from first complaints to the diagnosis of vertebral osteomyelitis, which is due to atypical symptoms, similar to the course of degenerative spine diseases [18, 19].

Cervical spine lesions were observed in 6 (9.4%) patients, thoracic — in 22 (34.4%), lumbosacral — in 36 patients (56.3%). The data are presented in Figure 1.

In 41 patients the process affected only one disco-vertebral complex (75.9%), in 8 examined patients it extended to two or more contiguous levels (14.8%), in 5 people the process affected two or more non-contiguous disco-vertebral complexes (9.3%).

Spinal radiography was performed for 23 examined patients on an outpatient basis in the early spondylitis stages due to prolonged pain syndrome, which accounted for 42.6%. In no case inflammatory changes in the vertebrae specific to osteomyelitis were found, thus significantly delaying the diagnosis. In 20 patients (37.0%) during the treatment of diagnosed spondylodiscitis, radiography was justified to control destructive and deformative changes of the vertebrae and preoperative preparation of patients.

Figure 1. The structure of the examined patients with spondylodiscitis by inflammatory process localization

Spinal radiography, being earlier a key method in the diagnosis of spinal cord infection, at the initial stage of the process usually does not detect changes due to low sensitivity and specificity [13], and according to the results of this study delays diagnosis significantly.

Analysing the CT signs of spinal cord lesion of patients, we split them into four stages in order to establish compliance with the MR stages of the disease [16, 17], which is shown in the following table.

In our CT study, 31 patients were diagnosed, which constituted 57.4% of the sample number. The data are shown in Figure 2.

Table 1

Radiological signs of the spine inflammatory process spread in case of spondylodiscitis, grouped by CT and MR stages

	Spine CT	Spine MRI
Zero stage	No CT changes	No MRI changes
First stage	Decreased height of the intervertebral disc	MR signs of spondylitis / discitis
Second stage	Destruction of endplates of the vertebra	MR signs of spondylolisthesis, destructive changes of the vertebra
Third stage	Paravertebral and intravertebral spread of the process	Paravertebral and intravertebral spread of the process

до результатів цього дослідження значно відтерміновує встановлення діагнозу.

Аналізуючи КТ-ознаки ураження хребта пацієнтів, ми розподілили їх на чотири стадії з метою встановлення відповідності до визначених МР стадій захворювання [16–17], що наведено в табл. 1.

У нашому дослідженні КТ-діагностика проведена 31-му пацієнту, що склало 57,4 % від обсягу вибірки. Дані наведені на рис. 2.

Рис. 2. Розподіл пацієнтів за стадіями остеомієліту хребта за результатами КТ обстеження

Методом КТ хребта спондилодисцит діагностовано на пізній третій стадії у 29 % хворих на підставі паравертебрального та епідурального поширення гнійно-деструктивних змін. У 51,6 % осіб при цьому дослідженні виявлені неспецифічні деструктивні зміни хребців, які відповідали другій стадії. У зв'язку з цим вони потребували проведення диференційної діагностики між дегенеративними процесами, остеопоротичними компресійними переломами, онкологічними захворюваннями хребта та вимагали додаткового призначення МРТ дослідження з метою встановлення діагнозу. У 19,4 % обстежених при наявності першої МР стадії не було виявлено жодних специфічних КТ ознак остеомієліту.

Таким чином, КТ обстеження хребта не може розглядатись як метод ранньої діагностики спондилодисциту. Найчастіше його раціонально застосовувати для візуалізації кісткової деструкції та верифікації абсцесів при доведеному контрастуванні. Крім того, комбінування КТ і МРТ діагностики дає можливість більш детально візуалізувати тіла хребців, спинний мозок, зв'язки [20–22].

З використанням МРТ точний діагноз встановлюється у 55 % випадків при наявності симптомів захворювання менше двох тижнів, в 76 % випадків — при тривалості симптомів більше двох тижнів [23].

Основними МР ознаками спондилодисциту є трабекулярний набряк тіл хребців, зміна МР сигналу від сусідніх хребців, зниження висоти ураженого міжхребцевого диску, потовщення задньої поздовжньої зв'язки. В T1 режимі виявляються деструктивні кортикальні зміни замикальних пластин, гіпоінтенсивний сигнал від ділянок набряку кісткового мозку. В T2 та STIR послідовностях набряк кісткового мозку має гіперінтенсивний характер, сигнал від ураженого диску рідиноподібний, гіперінтенсивний, спостерігається втрата його інтернуклеарної структури. В цій послідовності характерне посилення сигналу від уражених паравертебральних тканин. Абсцеси (паравертебральні, епідуральні) виглядають гіперінтенсивними рідинними скупченнями. Запалені паравертебральні (псоас-симптом) та епідуральні тканини дифузно поглинають контраст по типу флегмони. Абсцеси мають периферичне накопичення гадолінію, при цьому уражений диск не поглинає контраст. В послідовності DWI епідуральні та паравертебральні абсцеси характеризуються зниженою дифузєю. Режим пригнічення жиру покращує диференціацію між кістковими, м'якотканинними компонентами та сусідніми структурами [7, 24–28].

МРТ дослідження виконано всім пацієнтам з підозрою на остеомієліт хребта. Контрольні МРТ обстеження хребта проводились на перший, третій, шостий та дванадцятий місяці від встановлення діагнозу. Дані представлені на рис. 3.

При первинному обстеженні третя стадія спондилодисциту згідно МРТ зафіксована у 27-ми

Figure 2. Distribution of patients by stages of spinal osteomyelitis according to the CT examination results

By spine CT method, the late third stage of spondylodiscitis was diagnosed in 29.0% of patients based on the paravertebral and epidural spread of suppurative-destructive changes. In 51.6% of people under this study, nonspecific destructive changes in the vertebrae were found, corresponding to the second stage. Therefore, they required differential diagnostics between degenerative processes, osteoporotic compression fractures, and spinal cancer diseases, and required additional MRI scans to establish a diagnosis. In 19.4% of those examined with the first MR stage present, no specific CT signs of osteomyelitis were detected.

Therefore, spine CT examination cannot be considered as a method for early diagnosis of spondylodiscitis. In most cases, its use is rational to visualize bone destruction and verify abscesses using intravenous contrast. In addition, the combination of CT and MRI diagnostics enables the visualisation of vertebral bodies, spinal cord, ligaments in more detail [20–22].

Using MRI, an accurate diagnosis is established in 55% of cases with symptoms lasting less than two weeks, in 76% of cases — with symptoms lasting more than two weeks [23].

The main MR signs of spondylodiscitis are trabecular oedema of the vertebral bodies, change of the MR signal from the contiguous vertebrae, decreased height of the affected intervertebral disc, increased thickness of the posterior longitudinal ligament. On T1-weighted images, destructive cortical changes of endplates, a hypointensive signal from bone marrow oedema sites are revealed. In T2 and STIR sequences, bone marrow oedema is hyperintensive, the signal from the affected disc is fluid-like, hyperintensive, a loss of its internuclear structure is observed. This sequence is characterized by signal intensification from the affected paravertebral tissues. Abscesses (paravertebral, epidural) look like hyperintensive fluid-like accumulations. Inflamed paravertebral (psoas symptom) and epidural tissues diffusely absorb contrast in analogy with phlegmons. Abscesses have a peripheral accumulation of gadolinium, while the affected disc does not absorb contrast. In the DWI sequence, epidural and paravertebral abscesses are characterized by reduced diffusion. Fat suppression technique improves differentiation between bone, soft tissue components and contiguous structures [7, 24–28].

MRI scan was performed in all patients with suspected vertebral osteomyelitis. Control MRI scans of the spine were performed during the first, third, sixth and twelfth month after diagnosis. The data are presented in Figure 3.

At the initial examination, the third stage of spondylodiscitis according to MRI was found in 27 patients (50.0%), the second stage was observed in 23 (42.6%) patients, and the first stage — in 4 (7.4%) persons under study, which confirms the problem of osteomyelitis' late diagnosis. At the end of the first month of treatment, the second stage (signs of spondylodiscitis) prevailed accounting for 70.4%, while the proportion of patients with the third stage decreased from 50.0% to 20.4%. After three months of treatment, the first stage (signs of spondylitis/discitis) prevailed in the persons under study accounting for 46.3%, and the zero stage (no MR signs of osteomyelitis) began to be found in 5.6% of patients. At the control MRI scan after 6 months of the disease, no MR signs of vertebral osteomyelitis were observed in almost half of the patients (46.3%). At the

Рис. 3. Розподіл МР стадій гнійного спондилітиту за термінами лікування

хворих (50 %), друга спостерігалась у 23-х (42.6 %) пацієнтів, а перша у 4 (7.4 %) обстежуваних, що підтверджує проблему пізньої діагностики остеомієліту хребта. В кінці першого місяця лікування переважала друга стадія (ознаки спондилітиту) — 70.4 %, при цьому частка пацієнтів з третьою стадією знизилась з 50 % до 20.4 %. Через три місяці лікування в обстежуваних осіб переважала перша стадія (ознаки спондилітиту/дисцити) — 46.3 %, а нульова стадія (відсутність МР ознак остеомієліту) почала реєструватись у 5.6 % хворих. При проведенні контрольного МРТ обстеження через 6 місяців захворювання відсутність МР ознак остеомієліту хребта зафіксована майже в половині пацієнтів (46.3 %). При цьому ознаки запальних змін хребців (набряк кісткового мозку) спостерігались у 40.7 % осіб при достовірному клінічному покращенні. Це підтверджує дані світових публікацій, що при наявності гнійного спондилітиту зміни на МРТ у процесі лікування часто виявляють відсутність динаміки або навіть погіршення процесу. Це призводить до проведення невиправданих хірургічних втручань. Позитивна динаміка МРТ картини може бути відсутньою перші 4–8 тижнів терапії. Незважаючи на значення МРТ в первинній діагностиці гнійного остеомієліту хребта, мають місце недоліки цього обстеження для контролю динаміки запального процесу й визначення тактики терапії [7; 20].

Загальноприйнятим лабораторним критерієм перебігу гнійних змін в хребцях є

кількісне визначення СРБ [29]. Адекватною прогресією лікування є зниження рівня СРБ на 50 % за тиждень терапії [7; 30].

В нашому дослідженні ми приділяли увагу пошуку відповідних морфологічних МР змін, що корелюють з динамікою рівня СРБ. Ми виявили, що на тлі зменшення інтенсивності набряку кісткового мозку в Т1 послідовності у процесі терапії та регресування запальних змін за даними рівня СРБ реєструється зростання Т1-інтенсивності та посилення сигналу від кортикального шару уражених хребців з появою їхніх контурів, що ми називаємо феноменом «контур хребця» (рис. 4).

За даними табл. 2, рівень СРБ у хворих із спондилітисом при первинному обстеженні складав від 8.6 до 127.2 мг/л. Феномен «контур хребця» спостерігався у 14.8 % пацієнтів після 1 місяця і в більшості пацієнтів (61.1 %) після 3 місяців лікування. При середньому рівні СРБ 4.6 ± 1.0 мг/л (нормальний інтервал) частка осіб з позитивним ФКХ зросла до 92.6 %. Хронізацію запального процесу відображає нормалізація рівня СРБ після 6 місяців лікування у 5 хворих (9.3 %).

Це дозволило нам доказово підвищити чутливість та посилити достовірність динамічного МРТ обстеження і СРБ як критеріїв контролю перебігу запальних змін в хребті.

Figure 3. Distribution of MR stages of pyogenic spondylodiscitis by treatment terms

same time, signs of inflammatory changes in the vertebrae (bone marrow oedema) were observed in 40.7% of people with significant clinical improvement. This confirms the data of the world literature stating that in the presence of pyogenic spondylodiscitis changes MRI during treatment often shows a lack of dynamics or even deterioration of the process. This leads to unjustified surgery. Positive dynamics may be absent during the first 4-8 weeks of therapy on MRI scan. Despite the importance of MRI in the early detection of pyogenic vertebral osteomyelitis, this examination has shortcomings for monitoring the dynamics of the inflammatory process and determining the therapy strategy [7, 20].

A common laboratory criterion for the course of pyogenic changes in the vertebrae is the quantitative CRP determination [29]. Adequate progression of treatment is the reduced CRP level by 50% per week of therapy [7, 30].

In our study, we paid attention to searching for appropriate morphological MR changes that correlate with the dynamics of CRP levels. We found that against the background of a decreased intensity of bone marrow oedema in the T1 sequence during therapy and regression of inflammatory changes according to the CRP, there is an increase in T1 intensity and intensification of signal from the cortical layer of affected vertebrae with the appearance of

their rims that we call «vertebral rim» phenomenon (Figure 4).

According to Table 2, the CRP level in patients with spondylodiscitis at the initial examination ranged from 8.6 to 127.2 mg/l. The «vertebral rim» phenomenon was observed in 14.8% of patients after 1 month and in the majority of patients (61.1%) after 3 months of treatment. At an average CRP level of 4.6 ± 1.0 mg (normal interval), the proportion of persons with positive VRP increased to 92.6%. The chronization of the inflammatory process is reflected in the normalization of CRP level after 6 months of treatment in 5 patients (9.3%).

This enabled us to increase demonstratively the sensitivity and enhance the reliability of dynamic MRI scan and CRP as criteria for control over the course of inflammatory changes in the spine.

The relationship between CRP and the «vertebral rim» phenomenon on MRI is statistically significant (p_0 ($t = 2.96$, $df = 214$) = 0.003), moderate (bisector coefficient, $r_{bs} = 0.61 \pm 0.21$), which is confirmed by the categorized histogram (Figure 4), where the confidence intervals of CRP values of patients with negative and positive VRP do not intersect.

Thus, the emergence of VRP correlates with the normalization of CRP level (≤ 5.0 mg / l). We used the combination of these indicators in practice to complete antibacterial therapy.

Рис. 4. МРТ попереково-крижового відділу хребта пацієнта в динаміці

Табл. 2

Виявлення феномену «контуру хребця» (ФКХ) на МРТ хребта залежно від терміну лікування та рівня С-реактивного білка (СРБ)

	Первинне обстеження	1 місяць лікування	3 місяць лікування	6 місяць лікування
СРБ, мг/л	49,9±8,1	29,3±7,0	10,0±2,9	4,6±1,0
ФКХ, абс. ч.	0	8	33	50
ФКХ, р %	0,0 %	14,8 %	61,1 %	92,6 %

Рис. 4. Рівень СРБ у досліджених осіб, категоризованого з виявленням феномену «контуру хребця» на МРТ хребта

Зв'язок між СРБ та феноменом «контуру хребця» на МРТ статистично значущий ($p_0(t=2,96, df=214)=0,003$), помірний (бісекторіальний коефіцієнт, $r_{bs}=0.61 \pm 0.21$), що підтверджується категоризованою гістограмою (рис. 4), де довірчі інтервали значень СРБ пацієнтів з від'ємним та позитивним ФКХ не перетинаються.

Таким чином, поява ФКХ корелює зі зниженням рівня СРБ до норми ($\leq 5,0$ мг/л). Комбінацію цих показників ми використовували у практичній діяльності для завершення антибактеріальної терапії.

Figure 4. Lumbosacral spine MRI of the patient in the dynamics

Table 2

Detection of the «vertebral rim» phenomenon (VRP) on spine MRI depending on the duration of treatment and C-reactive protein level (CRP)

	Initial examination	1 st month of treatment	3 rd month of treatment	6 th month of treatment
CRP, mg/l	49.9±8.1	29.3±7.0	10.0±2.9	4.6±1.0
VRP, abs. part.	0	8	33	50
VRP, p%	0.0%	14.8%	61.1%	92.6%

Figure 4. The level of CRP in persons under study, categorized with the detection of «vertebral rim» phenomenon on spine MRI

In conclusions:

1. Spine MRI scanning is the main specific and sensitive method for early detection of pyogenic osteomyelitis
2. Radiological imaging and CT examination of the spine do not reveal early signs of spondylodiscitis but are important tools in

planning neuroorthopedic correction.

3. We suggest combining the CRP level and MR-phenomenon of the «vertebral rim» in practice as markers of control over the dynamics of pyogenic osteomyelitis and justification of antibacterial therapy strategy.

Проведені дослідження дозволяють зробити висновки:

1. МРТ обстеження хребта є основним специфічним та чутливим методом для ранньої діагностики гнійного остеомієліту.
2. Рентгенографічне та КТ обстеження хребта не дозволяють виявити ранні ознаки спондилодисциту, однак є важливими ін-

струментами у плануванні нейроортопедичної корекції.

3. Ми пропонуємо комбінувати рівень СРБ та МР-феномен «контуру хребця» у практичній діяльності для контролю перебігу гнійного остеомієліту й обґрунтування тактики антибактеріальної терапії.

References

1. Sobottke R, Seifert H, Fätkenheuer G, Schmidt M, Gossmann A, Eysel P. Current diagnosis and treatment of spondylodiscitis. *Dtsch Arztebl Int.* 2008 Mar; 105(10): 181–187. DOI: 10.3238/arztebl.2008.0181.
2. Feki AR, Akrouf K, et al. Infectious spondylodiscitis: A twenty-year experience from a single tertiary referral center. Available at: *The Egyptian Rheumatologist* 41 (2019): 231–235. DOI: 10.1016/j.ejr.2018.07.006.
3. Turunc T, Demiroglu YZ, Uncu H, Colakoglu S, Arslan H. A comparative analysis of tuberculous, brucellar and pyogenic spontaneous spondylodiscitis patients. *J Infect.* 2007; 55: 158–163.
4. Bohdan I, Plakhtyr Z, Bohdan A. Analysis of Risk Factors for Pyogenic Vertebral Osteomyelitis. *Current Aspects of Military Medicine.* 2020; (P. 2): 85–93. DOI: 10.32751/2310-4910-2020-27-30
5. Braun A, Germann T, Wünnemann F, Weber MA, Schiltenswolf M, Akbar M, Burkholder I, Kauczor HU, Rehnitz C. Impact of MRI, CT, and Clinical Characteristics on Microbial Pathogen Detection Using CT-Guided Biopsy for Suspected Spondylodiscitis. *J Clin Med.* 2019 Dec 21; 9 (1): 32. DOI: 10.3390/jcm9010032. PMID: 31877797; PMCID: PMC7019669.
6. Leone A, Dell'Atti C, Magarelli N, Colelli P, Balanika A, Casale R, et al. Imaging of spondylodiscitis. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2012; 16 (Suppl 2): 8–19/
7. Gouliouris T, Aliyu SH, Brown NM. Spondylodiscitis: update on diagnosis and management. *J Antimicrob Chemother.* 2010; 65 (Suppl 3): 11–24. DOI: 10.1148/radiology.157.1.3875878.
8. Daniel J, Bell D, Gaillard F, et al. Spondylodiscitis. Available at: <https://radiopaedia.org/articles/spondylodiscitis?lang=gb>. Accessed on February, 2020.
9. Sans N, Faruch M, Lapegue F, et al. Infections of the spinal column —Spondylodiscitis. *Diagn Intervent Imaging.* 2012.
10. LeClair JD et al. Spondylodiscitis Imaging. Available at: <https://emedicine.medscape.com/article/340211-overview>. Accessed on October 22, 2020.
11. Xu J, Zhang L, Bu R. et al. Minimally invasive debridement and drainage using intraoperative CT-Guide in multilevel spondylodiscitis: a long-term follow-up study. *BMC Musculoskelet Disord* 22, 120 (2021). DOI: 10.1186/s12891-021-03988-1.
12. Brant-Zawadzki M, Burke VD, Jeffrey RB. CT in the evaluation of spine infection. *Spine (Phila Pa 1976).* 1983 May-Jun; 8 (4): 358–364. DOI: 10.1097/00007632-198305000-00003.
13. Modic MT, Feiglin DH, Piraino DW, Boumpfrey F, Weinstein MA, Duchesneau PM, et al. Vertebral osteomyelitis: assessment using MR. *Radiology.* 1985; 157 (1): 157–166.
14. Vinas FC et al. Spinal Infections. Available at: <https://emedicine.medscape.com/article/1266702-overview>. Accessed on February 28, 2020.
15. Bazarov AY. Classifications of Non-Specific Hematogenous Vertebral Osteomyelitis. *Critical Review and Suggestions for Clinical Use. Traumatology and Orthopedics.* 2019; 25 (1): 146–155. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-1-146-155.
16. Flamme CH, Lazoviae D, Gossé F, Rühmann O. MRT bei Spondylitis und Spondylodiscitis [MRI in spondylitis and spondylodiscitis]. *Orthopade.* 2001 Aug; 30 (8): 514–518. German. DOI: 10.1007/s001320170060.
17. Homagk et al. SponDT (Spondylodiscitis Diagnosis and Treatment): spondylodiscitis scoring system. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research.* 2019; 14:100. DOI: 10.1186/s13018-019-1134-9.
18. Gupta A, Kowalski TJ, Osmon DR, et al. Long-term outcome of pyogenic vertebral osteomyelitis: a cohort study of 260 patients. *Open Forum Infect Dis.* 2014.
19. Pola E, Autore G, Formica VM, Pambianco V, Colangelo D, Cauda R, Fantoni M. New classification for the treatment of pyogenic spondylodiscitis: validation study on a population of 250 patients with a follow-up of 2 years. *Eur Spine J.* 2017 Oct; 26 (Suppl 4): 479–488. DOI: 10.1007/s00586-017-5043-5. Epub 2017 Mar 21. PMID: 28324216.
20. Sheikh AF, Khosravi AD, Goodarzi H, et al. Pathogen identification in suspected cases of pyogenic spondylodiscitis. *Front Cell Infect Microbiol.* 2017; 7: 60. PMID: 28337426. DOI: 10.3389/fcimb.2017.0006016.

21. Homagk L, Homagk N, Klauss JR, Roehl K, Hofmann GO, Marmelstein D. Spondylodiscitis severity code: scoring system for the classification and treatment of non-specific spondylodiscitis. *Eur Spine J*. 2016 Apr; 25(4): 1012–1020. DOI: 10.1007/s00586-015-3936-8. Epub 2015 Apr 21. PMID: 25895880.
22. Homagk N, Jarmuzek T, Meisel H, Hofmann G, and Homagk L. Randomized Evaluation of Advantages of IT-Based Clinical Pathways in Surgical Treatment of Spondylodiscitis. *Research Gate*. 2016 ID: 4949385.
23. Cardoso A, Barbosa L, Coelho AM, Correia JG, Maurício HL, Lima Á. Spondylodiscitis: A Retrospective Analysis of Clinical, Etiological, and Radiological Diagnosis. *Int J Spine Surg*. 2020 Apr 30; 14(2): 226–231. DOI: 10.14444/7019. PMID: 32355630; PMCID: PMC7188090.
24. Yeom JA, Lee IS, Suh HB, Song YS, Song JW. Magnetic Resonance Imaging Findings of Early Spondylodiscitis: Interpretive Challenges and Atypical Findings. *Korean J Radiol*. 2016 Sep-Oct; 17 (5): 565–580. DOI: 10.3348/kjr.2016.17.5.565.
25. Khafizova IF, Popova NA, Panyukhov AG, Gumerov FR. Spondylodiscitis: early diagnosis and management of patients. *Kazan medical journal*. 2016. Vol. 97. № 6. P. 988–993. DOI: 10.17750/KMJ2016-988.
26. Ramadani N, Dedushi K, Kabashi S, Mucaj S. Radiologic Diagnosis of Spondylodiscitis, Role of Magnetic Resonance. *Acta Inform Med*. 2017 Mar.; 25 (1): 54–57. DOI: 10.5455/aim.2017.25.54-57. PMID: 28484299; PMCID: PMC5402372.
27. Rehm J, Veith S, Akbar M, et al. CT-guided percutaneous spine biopsy in suspected infection or malignancy: a study of 214 patients. *Rofo*. 2016; 188 (12): 1156–1162. DOI: 10.1055/s-0042-116233.
28. Ledbetter LN, Salzman KL, Shah LM. Imaging Psoas Sign in Lumbar Spinal Infections: Evaluation of Diagnostic Accuracy and Comparison with Established Imaging Characteristics. (2016) *AJNR*. American journal of neuroradiology. 37 (4): 736–741. DOI: 10.3174/ajnr.A4571.
29. Sur A, Tsang K, Brown M, Tzerakis N. Management of adult spontaneous spondylodiscitis and its rising incidence. *Ann R Coll Surg Engl*. 2015; 97 (6): 451–455. DOI: 10.1308/rcsann.2015.0009.
30. Mavrogenis AF, Megaloikonomos PD, Igoumenou VG, Panagopoulos GN, Giannitsioti E, Papadopoulos A, Papagelopoulos PJ. Spondylodiscitis revisited. *EFORT Open Rev*. 2017. Nov 15; 2(11): 447–461. DOI: 10.1302/2058-5241.2.160062. PMID: 29218230; PMCID: PMC5706057.