

Кобилянський Р.Р., канд. фіз.-мат. наук^{1,2}

Юрик О.Є., доктор медичних наук³

Страфун С.С., доктор медичних наук³

Сташкевич А.Т., доктор медичних наук³

Герасименко А.С., доктор медичних наук³

Герасименко С.І., доктор медичних наук³

Громадський В.В., аспірант³

Кобилянська А.К., канд. фіз.-мат. наук¹

Бойчук В.В., аспірант²

Мазар Ю.І., студент²

¹Інститут термоелектрики НАН і МОН України,
вул. Науки, 1, Чернівці, 58029, Україна;

²Чернівецький національний університет, ім. Юрія Федьковича,
вул. Коцюбинського, 2, Чернівці, 58012, Україна;

³ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України», Київ, Україна

ВИКОРИСТАННЯ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ ТЕПЛОМІРІВ У ЛОКОМОТОРНІЙ ТЕРАПІЇ ПРИ РЕАБІЛІТАЦІЇ ПАЦІЄНТІВ З ТРАВМАМИ ПОПЕРЕКОВО-КРИЖОВОГО ВІДДІЛУ ХРЕБТА

У роботі наведено результати використання термоелектричних тепломірів у локомоторній терапії при реабілітації пацієнтів з травмами попереково-крижового відділу хребта. Проведені клінічні дослідження дають можливість діагностувати запальні процеси, зокрема при неврологічних проявах остеохондрозу хребта, та відслідковувати ефективність проведеного консервативного лікування при дегенеративно-дистрофічних захворюваннях попереково-крижового відділу хребта. Підтверджено ефективність застосування термоелектричних тепломірів у медичній діагностиці. Бібл. 45, рис. 4, табл. 2.

Ключові слова: термоелектричний тепломір, густина теплового потоку, температура, теплотричні показники, остеохондроз хребта, локомоторна терапія.

Вступ

Загальна характеристика проблеми. За даними експертів ВООЗ, сьогодні у світі дуже поширені больові синдроми вертеброгенної природи, які набувають статусу однієї з найважливіших медико-соціальних проблем. Дорсопатія є однією з провідних причин інвалідності, що значно позначається на якості життя пацієнта та його працездатності, а також залишається основною причиною звернення за медичною допомогою у будь-якому віці [1].

Біль у спині є однією з найбільш частих скарг, з якою пацієнти звертаються до лікаря. За даними деяких зарубіжних авторів кількість амбулаторних візитів зі скаргами на біль у нижній частині спини (БНЧС) у загальній картині звернень посідає друге місце, поступаючись лише респіраторним захворюванням [2]. Було показано, що в розвинутих країнах 60–90 % населення

відчували БНЧС мінімум раз у житті, а щорічний приріст цього показника становить 5 % [3]. Діагностика та лікування БНЧС часто є складним завданням, що пов'язано з етіологічною неоднорідністю захворювання.

Більшість випадків БНЧС мають доброякісний характер і м'язово-скелетне походження. Такий БНЧС називається неспецифічним і на відміну від специфічного обумовлений підтвердженою первинною патологією (інфекція, пухлина, деформація, остеопоротичний або травматичний перелом хребця, запальний процес, радикулярний синдром, стеноз хребетного каналу та ін.). Незважаючи на те, що немає точних даних про співвідношення специфічного і неспецифічного БНЧС, загально прийнято вважати, що 95 % випадків припадає на неспецифічний БНЧС [4–6]. Більш виражені болі в спині спостерігаються у осіб віком 50–64 років. Спрогнозовано, що у найближчі 10–15 років біль у нижньому відділі спини при дегенеративно-дистрофічній патології хребта може стати головною причиною інвалідизації дорослого населення України.

Особливо актуальною стала ця проблема сьогодні, коли сотні тисяч військовослужбовців України зі зброєю в руках захищають Батьківщину. Розгрукка вагою 40 - 60 кг, яку вони вимушені носити, дає додаткове навантаження на хребет. Тривалі статико-динамічні навантаження теж відіграють свою роль у виникненні болю в попереково-крижовому відділі хребта.

Слід зазначити, що для дослідження локальних тепловиділень людини перспективними є напівпровідникові термоелектричні сенсори теплового потоку, які поєднують мініатюрність, високу чутливість, стабільність параметрів у широкому інтервалі робочих температур і узгоджуються із сучасною реєструючою технікою [10–22]. Використання таких сенсорів дозволяє досягати високої локальності та точності теплометричних вимірювань. Це дає можливість отримувати інформацію про тепловиділення досліджуваної ділянки тіла людини і детально її аналізувати з метою виявлення на ранніх стадіях запальних процесів організму людини.

Тому *метою даної роботи* є дослідження теплометричних показників у пацієнтів з хронічним болем у попереку та больовим синдромом при дегенеративно-дистрофічних захворюваннях попереково-крижового відділу хребта за допомогою використання термоелектричних тепломірів у локомоторній терапії.

Матеріали та методи клінічних досліджень

Клінічні дослідження проведено в лабораторії нейроортопедії і проблем болю та у відділі реабілітації ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України». При проведенні вказаних досліджень були поставлені наступні завдання:

- вивчити характер змін в неврологічному статусі у пацієнтів з остеохондрозом поперекового відділу хребта за наявності стенозу спинно-мозкового каналу на цьому рівні у передопераційному періоді, у котрих діагностували гострий або хронічний больовий синдром;
- визначити клінічний маркер хронізації больового синдрому у пацієнтів на етапі передопераційної підготовки;
- обстежити пацієнтів з хронічним больовим синдромом за наявності у них лінійної нестабільності в попереково-крижовому відділі хребта, а також клінічно та параклінічно з допомогою термоелектричних тепломірів виконати вимірювання температури і густини теплового потоку у досліджуваних ділянках організму людини;

- дослідити зміни теплотричних показників у пацієнтів в ділянці попереку та нижніх кінцівок при дегенеративно-дистрофічній патології попереково-крижового відділу хребта.

Було обстежено 62 пацієнти, у котрих діагностований стеноз спинно-мозкового каналу на попереково-крижовому рівні та розвинувся больовий синдром. 45 пацієнтів були молодого віку і 17 – середнього віку. Всі вони були прооперовані методом біпортальної ендоскопічної мікродиссектомії. У переважній більшості із них переважав центральний стеноз спинно-мозкового каналу при помірних килах та протрузіях міжхребцевих дисків. Групу порівняння склали 15 пацієнтів, котрим було проведено консервативне рефлексотерапевтичне лікування.

У досліджуваних хворих при госпіталізації та в динаміці проведеного лікування вивчалися анамнестичні, суб'єктивні і об'єктивні дані. При зібранні анамнезу та об'єктивному обстеженні хворого враховувалася наступна інформація: стать і вік пацієнта; тривалість хвороби та вік від початку захворювання; тривалість і характер останнього загострення; провокуючі фактори, що посилювали або зменшували біль у спині та нозі; клінічна характеристика першого загострення; конституційний тип хворого; вид вертебральної деформації; характер оперативного лікування, його обсяг. Всім хворим проводилося детальне клініко-неврологічне обстеження.

З метою об'єктивізації даних у пацієнтів визначали наступні показники:

- вираженість больового синдрому та його якісні показники;
- напруження паравертебральних м'язів;
- коефіцієнт симптому Ласега;
- порушення чутливості та характер парестезій.

Симптом Ласега оцінювався за п'ятибальною шкалою [5–7]. При I ст. піднімання ноги можливе під кутом 90°, але при цьому виникає легкий біль по задній поверхні нижньої кінцівки. II ст. відповідає помірному больовому синдрому при піднятті ноги під кутом 75–89°. III ст. – помірний біль при піднятті ноги під кутом 45–74°. Для IV характерний сильний біль при піднятті ноги під кутом до 45°. При V ст. виникає різкий біль в положенні з витягнутою ногою, вимушене положення – хворий лежить із зігнутою в коліні ногою.

З метою оцінки рухливості поперекового відділу хребта проводили пробу Шобера та пальце-підлогу пробу (ППП). Суть проби Шобера полягала в тому, що у вертикальному положенні пацієнта маркером робили позначку на рівні остистого відростку хребця L_v відміряли вгору 10 см і робили другу позначку. Після максимально можливого нахилу вперед повторно вимірювали цю відстань та оцінювали її збільшення. У нормі збільшення повинно складати 4–5 см.

ППП проводилася при прямих колінах. Пацієнта просили дотягнутися пальцями рук до підлоги і вимірювали цю відстань від кінця III пальця витягнутих рук до підлоги при максимальному нахилі вперед. У нормі вона повинна становити від 0 до 10 см [8, 9].

Одним із доведених факторів хронізації болю є виникнення та тривала наявність нейропатичного компонента болю, що має свої специфічні характеристики (дескриптори, розлади чутливості в зоні іннервації певного нерва). Опитувальник DN4 дозволяв оцінити наявність нейропатичного компонента болю, що є вкрай важливим критерієм включення центральних механізмів в розвиток больового синдрому. Він включає 7 пунктів, що стосуються сенсорних синдромів (печіння, відчуття холоду, удару струмом, пощипування, повзання мурашок, поколювання, оніміння, свербіння), а також 3 пункти, що стосуються неврологічного обстеження (гіпестезія до дотику кистю, гіпестезія до поколювання, аллодинія). Кожен пункт

оцінювався в 1 або 0 балів. Якщо сума балів складала чотири або більше з десяти, це свідчило про наявність нейропатичного компонента больового синдрому.

Силу м'язів, паравертебральних та м'язів нижніх кінцівок оцінювали по п'ятибальній системі, де сила неушкодженого м'яза складала 5 балів.

Оцінка вираженості напруження паравертебральних м'язів проводилася за трьома ступеннями [5, 9]. Для I ст. напруження паравертебральних м'язів характерним є м'який м'яз, у який легко занурюється палець, відмічається лише набухання досліджуваного м'яза. При II ст. м'яз помірної щільності, випинається, палець вдається в нього занурити лише при певному зусиллі. При III ст. м'яз кам'янистої щільності, його майже неможливо чи неможливо деформувати при пальпації.

З метою комплексної оцінки та порівняння больового синдрому між групами була проведена якісна (дескриптори) і кількісна (інтенсивність та вираженість) оцінка. Кількісна оцінка передбачала оцінку суб'єктивного судження пацієнта про свої больові відчуття, для чого застосовувалася візуально-аналогова шкала (ВАШ) оцінки болю (відрізок довжиною 10 см з позначками від 0 до 10, де 0 – відсутність болю, 10 – найсильніший біль, який коли-небудь довелось відчути пацієнту; суб'єктивна оцінка болю: 1–3 бали – слабкий біль, 4–5 – помірний біль, 6–7 – сильний біль, 8–10 – нестерпний біль).

Для якісної оцінки болю використовували опитувальник Мак Гілла, що містить 78 дескрипторів, які описують характер болю. Дескриптори поділені по трьох класах із зростанням смислового значення. Перший клас (пункти 1-13) охоплює сенсорні характеристики болю, другий клас (пункти 14–18) – психоемоційні аспекти, а третій клас (пункт 20) представляє вербальну шкалу інтенсивності болю. Пацієнту пропонували вибрати одне слово з кожного класу, що найкраще відображало його больові відчуття. Результат опитування використовувався для визначення двох основних показників рангового індексу болю (суми порядкових номерів обраних слів або їхнє середнє значення) та кількості обраних слів. Отримані дані не мають абсолютних значень і підлягають статистичній інтерпретації. Ці дані було використано для оцінки не лише болю, але й психоемоційного відчуття, пов'язаного з болем.

На наступному етапі ми провели дослідження тепло- та термометричних показників поверхні шкіри в ділянці попереку та пошкодженої ноги у цивільних осіб за наявності дегенеративно-дистрофічної патології попереково-крижового відділу хребта без ознак стенозу спинно-мозкового каналу на цьому рівні хребта. Дослідження проведені за допомогою багатоканального термоелектричного тепломіра, розробленого в Інституті термоелектрики НАН та МОН України [13, 14]. Прилад призначений для одночасного вимірювання температури і густини теплових потоків поверхні тіла людини контактним способом. Для обробки даних з електронного реєстратора, їх накопичення і відтворення у заданому вигляді на персональному комп'ютері було використано спеціалізовану комп'ютерну програму «TermoMonitor», що дає можливість здійснювати моніторинг температурного та теплового стану людини у реальному часі.

У приміщенні, де відбувалось обстеження пацієнтів, постійно підтримувалась температура в межах 20–25 °С, відносна вологість 50–60 %. Були відсутні джерела інфрачервоного випромінювання. Напередодні обстеження пацієнтам відміняли всі фізіотерапевтичні та зігріваючі процедури; їм відміняли також протизапальні, жарознижуючі, судиннорозширюючі або судиннозвужуючі медичні препарати. За 3–4 години до обстеження пацієнти повинні були перестати палити цигарки. За 2–3 години до початку обстеження пацієнтам знімали різноманітні мазьові аплікації і поверхню шкіри обезжирювали сумішшю 40 % етилового спирту та ефіру (в пропорції 4:1). Безпосередньо перед обстеженням пацієнти проходили протягом 15–20 хвилин

температурну адаптацію. У цей час вони знаходились в руховому спокої, без статичного та динамічного напруження м'язів. Вимірювання теплотричних показників на поверхні шкіри пацієнта проводили в реальному часі протягом 3 хв. Звертали увагу на час термоадаптації (в секундах) – t (скільки часу проходило від моменту початку обстеження до виходу основних показників на теплове «плато»), показники температури та густини теплового потоку на висоті цього «плато», вигляд самих кривих. Термоелектричні сенсори накладами симетрично з двох сторін паравертебрально на рівні остистих відростків $L_4 - L_5$ – хребців.

Обстеження пацієнтів проводили в стані фізіологічного спокою при температурі в приміщенні 18–22 °С між 9.00 та 12.00 год дня. Окрім вимірювання теплотричних показників одночасно проводили визначення варіабельності серцевого ритму, оскільки обидва ці показники регулюються вегетативною нервовою системою, а основні центри регуляції теплового обміну та судинного тонуусу знаходяться поруч в стовбурі головного мозку.

Статистичну обробку результатів вимірювань проводили за допомогою пакету програм Statistika 6.0.

Результати клінічних досліджень та їх обговорення

Для аналізу відмінностей та порівняння клінічного перебігу після поступлення в стаціонар та початку лікування пацієнти включалися або в групу гострого болю (тривалістю больового синдрому до 3-х місяців) або в групу хронічного болю (тривалістю більше 3-х місяців). У групу гострого болю ввійшло 15 пацієнтів (всі особи були чоловічої статі, середній вік – 39.8 ± 1.2 роки), а групу хронічного болю склали 47 осіб (теж чоловічої статі і середній вік у них склав 52.1 ± 1.7 роки). Групу контролю склали теж 15 пацієнтів із гострим больовим синдромом (середній вік у них був 42.4 ± 0.9 роки).

Середня тривалість хронічного болю у осіб з хронічним больовим синдромом складала 19.5 ± 1.2 місяці. У групі пацієнтів з гострим болем в БНЧС сягала 1.6 ± 0.8 місяців. У групі контролю ці цифри досягали: 1.1 ± 0.4 місяці.

Провівши оцінку клінічних симптомів, біль в нижній частині спини був зафіксований у 91.6 % групи гострого болю та у 100 % пацієнтів із групи хронічного болю. Іррадіація болю в ногу перед лікуванням була наявна у 100 % пацієнтів групи гострого больового синдрому. У осіб з хронічним болем він фіксувався у 45.1 % пацієнтів. У пацієнтів обох клінічних груп діагностувалося напруження м'язів спини. У осіб з гострим болем в передопераційному періоді було виражене напруження м'язів у 29.4 % пацієнтів, помірне – у 66.9 % осіб і легке – у 3.7 % осіб. У пацієнтів у групі з хронічним болем виражене напруження паравертебральних м'язів спостерігалось у 20.8 % випадків, помірне – у 69.4 %, легке – у 9.8 % осіб. Анталгічний сколіоз виявлявся у 60.2 % осіб з гострим болем і у 24.5 % – з хронічним болем. Різниця була вірогідною ($p < 0.05$). Симптом Ласега був наявний у 96.2 % осіб із гострим болем і у 44.7 % – з хронічним болем ($p < 0.05$). Проте, за показником у градусах вираженість його не відрізнялася у групах і дорівнювала відповідно 40.4 ± 3.7 °С у групі з гострим болем і 44.9 ± 2.5 °С – в групі з хронічним болем ($p > 0.05$).

На наступному етапі перевіряли розлади чутливості на рівнях L_5-S_1 на обох ногах. У пацієнтів з гострим болем виявлені розлади чутливості на гомолатеральній нозі по типу гіпоалгезії до поколювання голкою у 54.7 % осіб і аллодинія до дотику пензликом – у 12.7 % випадків. У осіб з хронічним болем гіпоалгезія до дотику голкою фіксувалася у 32.1 % осіб і аллодинія до дотику пензликом – у 38.5 % осіб.

У пацієнтів цих двох груп болю спостерігалися зміни в рефлекторній сфері нижніх кінцівок. Тенденція до зниження колінних рефлексів на стороні болю спостерігалася у 10.2 % осіб з хронічним болем та у 4.5 % осіб з гострим болем. Одностороннє зниження (або випадіння) ахілового рефлексу майже однаково часто зустрічалася у осіб з гострим болем (56.3 %) та хронічним болем (49.5 %).

У пацієнтів з гострим болем частіше зустрічався симптом Ласега, анталгічний сколіоз та іррадіація в одну або обидві нижні кінцівки. У пацієнтів з хронічним болем інтенсивність болю дещо зменшувалася, але наростала напруженість паравертебральних м'язів, переважно в ділянці попереку. Анталгічний сколіоз за кутом нахилу зменшувався, але носив постійний характер. Біль зростав з частотою та інтенсивністю фізичних навантажень.

Відомо, що обмеження рухомості хребта може погіршувати результати лікування, формувати обмеження побутової активності та бути одним із факторів хронізації болю [9]. Тому ми в своїх дослідженнях застосували активно проби на дослідження статико-локомоторної функції хребта: пробу Шобера та пальце-підлогову пробу.

Як показали дослідження, проба Шобера виявилася мало інформативною (табл. 1). Проте пальце-підлогова проба дозволяла нам чітко розрізнити гострий та хронічний біль.

Таблиця 1

*Оцінка статико-локомоторної функції хребта у пацієнтів
при стенозі спинно-мозкового каналу при різних проявах болю*

| Показник | Група | | |
|------------------------------|------------------------|------------------------------|--|
| | Контрольна (n = 15) | Гострого болю (n = 15) | Хронічного болю (n = 47) |
| Проба Шобера, см | 5.9 ± 0.21 | 3.4 ± 0.32 $P_k > 0.05$ | 4.6 ± 0.42 $P_k > 0.05$ $P_{\sigma} > 0.05$ |
| Пальце-підлогова проба см | 11.2 ± 3.11 | 22.18 ± 3.41 $P_k < 0.05$ | 27.4 ± 2.19 $P_k < 0.05$ $P_{\sigma} < 0.05$ |

Примітки:

P_k – вірогідність різниці відповідного показника групи контролю;

P_{σ} – вірогідність різниці відповідного показника групи гострого болю.

Як показали проведені клінічні дослідження, для пацієнтів з гострим вертеброгенним болем в ділянці попереку, що розвинувся на фоні стенозу спинно-мозкового каналу, більш характерним є нестерпний біль в цій ділянці хребта, що поширювався в нижні кінцівки. У них також позитивним симптомом Ласега та зниження або випадіння колінних та/або ахілових рефлексів на стороні болю. Для пацієнтів з хронічним болем більш характерним був помірним або сильним вертеброгенний біль.

За даними опитувальника Мак Гіла, який давав якісну характеристику больового синдрому, було виявлено наступне.

Найчастіше зустрічалися такі дескриптори болю:

- *пекучий* – у 38.9 % (контрольна група) та у 40.% при гострому вертеброгенному болю на фоні стенозу спинно-мозкового каналу; у 55.1 % при хронічному вертеброгенному болю;
- *колючий* – у 31.4 % (гострий біль) та у 30.0 % (контрольна група); у 31.6 % у осіб з ознаками хронічного болю;

- *такий, що викручує* – у 35.9 % (група з гострим болем) та у 36.4 % осіб контрольної групи); у 46.4 % – у пацієнтів клінічної групи при хронічному вертеброгенному болю;
- *такий, що пронизує* – у 40.1 % осіб з гострим болем та у 39.7 % групи контролю; у 43.4 % пацієнтів при хронічному вертеброгенному болю;
- *такий, що стискає* – у 19.9 % пацієнтів з гострим вертеброгенним болем і у 21.1 % контрольної групи; у 16.5 % при хронічному вертеброгенному болю;
- *тягнутий* – у 31.5 % осіб з гострим вертеброгенним болем і у 29.4 % пацієнтів контрольної групи; у 59.9 % при хронічному вертеброгенному болю.

За результатами анкетування було розраховано індекс кількості вибраних дескрипторів (ІКВД), який представляє кількість (суму) вибраних слів, а також ранговий індекс болю (РІБ) – сума порядкових номерів дескрипторів у підкласах. Показники були розраховані для сенсорної та афективної шкал окремо.

Індекс кількості вибраних дескрипторів для сенсорної шкали для осіб з гострим вертеброгенним болем становив 2.27 ± 0.06 , а для хронічного болю – 4.02 ± 0.07 ($p < 0.05$). Індекс для афективної шкали для гострого болю – 3.04 ± 0.08 і для хронічного болю – 3.40 ± 0.05 відповідно ($p > 0.05$). Ранговий індекс болю для сенсорної шкали становив 14.09 ± 1.81 у групі гострого болю і 28.15 ± 2.13 у групі з хронічного болю ($p < 0.05$), для афективної – для гострого болю 16.91 ± 3.08 і для хронічного болю 21.98 ± 1.04 ($p < 0.05$).

Пацієнти з ознаками хронічного болю давали більш емоційну оцінку больовим відчуттям і тому обирали більш емоційно забарвлені дескриптори, а також кількість обраних дескрипторів була більшою у осіб з хронічним вертеброгенним болем, ніж у осіб з гострим болем.

Між значенням візуально-аналогової шкали (ВАШ) і ранговою шкалою болю (РІБ) виявлено значну позитивну кореляцію для груп з гострим болем ($p < 0.05$) та сильний кореляційний зв'язок для груп з хронічним болем ($p < 0.05$). При зростанні інтенсивності болю зростала і значущість відповідного дескриптора в обох групах болю.

За даними опитувальника Мак Гілла пацієнти з груп хронічного болю давали більш емоційну оцінку больовим відчуттям, оскільки обирали більш емоційно забарвлені дескриптори, які оцінювалися більшою кількістю балів ($p < 0.05$), а кількість обраних дескрипторів була вірогідно вищою у групі хронічного больового синдрому ($p < 0.05$).

На наступному етапі досліджень було проведено анкетування тематичних хворих з метою виявлення нейропатичного компоненту болю за допомогою анкети DN4 [9]. Опитувальник DN4 включає 7 пунктів, які стосуються сенсорних симптомів (печіння, відчуття холоду, удару струмом, пощипування, повзання мурашок, поколювання, оніміння, свербіння), а також 3 пункти, що стосуються неврологічного обстеження (гіпестезія до дотику кистю (пензликом), гіпестезія до поколювання, аллодинія). Кожен пункт оцінювався в 1 або 0 балів. Якщо сума балів складала 4 або більше з 10-ти, це свідчило про наявність нейропатичного компонента больового синдрому. Встановлено, що у осіб контрольної групи нейропатичний компонент дорівнював 2.15 ± 0.91 балів; у осіб з гострим вертеброгенним болем – становив 4.50 ± 1.01 балів ($p < 0.05$); в групі осіб з хронічним вертеброгенним болем він досягав 7.02 ± 0.80 балів ($p < 0.005$).

Нейропатичний компонент у групі осіб з гострим вертеброгенним болем був виявлений у 26.9 % випадків. Вони частіше вказували на такі дескриптори як відчуття оніміння в нозі; печіння, відчуття удару струмом; стріляючий біль. У осіб з хронічним вертеброгенним болем на фоні стенозу спинно-мозкового каналу він фіксувався у 68.5 % осіб. Пацієнти в цій групі частіше скаржилися на відчуття пощипування/поколювання в нозі; періодично виникали оніміння в нозі

на гомолатеральній стороні, відчуття холоду в ній; свербіння. Вірогідної різниці в поширеності сенсорних феноменів (аллодинії, гіпестезії чи гіпоалгезії) між групами не було зафіксовано.

На наступному етапі досліджень були проведені вимірювання густини теплового потоку і температури поверхні шкірних покривів в симетричних паравертебральних ділянках поперекового відділу хребта і в зоні іннервації корінців L5-S1 поверхні шкіри стегна, гомілки та стопи, як на боці болю, так і на інтактній протилежній нозі у пацієнтів переважно осіб чоловічої статі молодого та середнього віку. В цій групі було обстежено 71 пацієнта у віці від 39 до 69 років: 20 – з ознаками люмбоішіалгії на фоні гриж міжхребцевих дисків, 20 – з люмбоішіалгією на фоні гриж міжхребцевих дисків в поєднанні з нестабільністю хребців в цій ділянці, 11 – зі стенозом хребетного каналу та 20 – без ознак болю в ділянці попереку з наявністю гриж та протрузій міжхребцевих дисків на цьому відтинку хребта (ці особи склали контрольну групу в даній методиці досліджень по відношенню до осіб з вертеброгенним больовим синдромом).

Як показали проведені дослідження, у осіб контрольної групи коливання основних теплометричних показників у паравертебральних ділянках було симетричним і практично не відрізнялось за тестом «зліва/справа». Тепло- та термоадаптація шкірних покривів, що контактують з поверхнею термоелектричних сенсорів, проходила одночасно і мала вигляд пологої кривої з наявністю чітко видимого насичення. При цьому у всіх осіб контрольної групи зберігався повний об'єм рухів в попереково-крижовому відділі хребта, були відсутні больові відчуття остистих відростків та паравертебральних ділянок в попереково-крижовій зоні, не було ознак розладів чутливості, рефлексів в зацікавлених зонах. У осіб контрольної групи час виходу на теплове «насичення» складав 45.3 ± 0.3 секунд. Температура шкірних покривів у паравертебральних ділянках була в межах 34.6 ± 0.5 °С, а густина теплового потоку становила 17.1 ± 0.1 мВт/см².

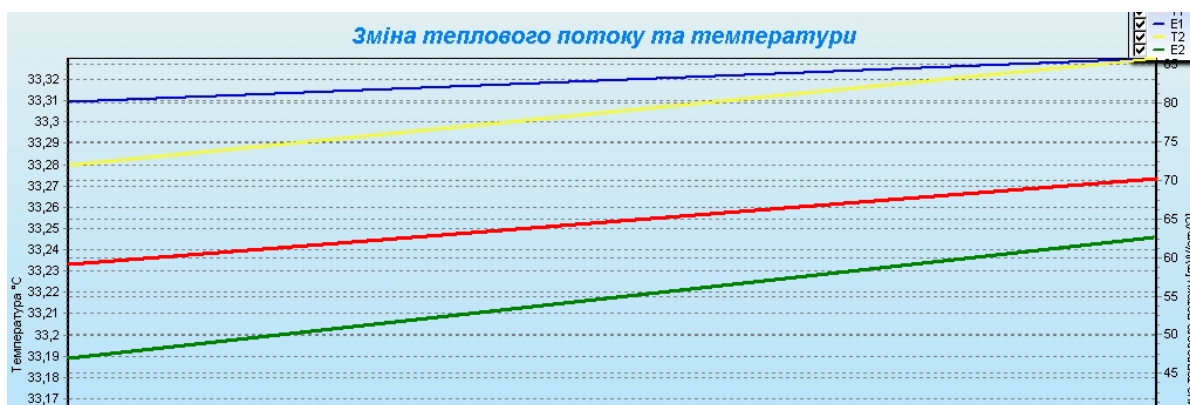


Рис. 1. Графічне зображення показників температури і густини теплового потоку у осіб контрольної групи (пацієнт Ч., 41 рік, історія хвороби № 526475)

При клінічному обстеженні пацієнтів з ознаками люмбоішіалгії, причиною якої була наявність гриж або протрузій в попереково-крижовому відділі хребта, було виявлено наступне. Хворі скаржилися на відчуття печії і болі в попереку, нижніх кінцівках, трофічні порушення. Спина у них була фіксована в зігнутому положенні. Позитивними були односторонні симптоми натягу, а у 20 % пацієнтів спостерігався перехресний симптом Ласега. Спостерігалися зниження об'єму рухів в поперековому відділі хребта, напруження м'язів поперекової ділянки, болі при пальпації і перкусії паравертебральних точок, різке обмеження нахилів у сторону ураження. У положенні лежачи на спині і з зігнутими нижніми кінцівками у кульшових суглобах біль

зменшувався. Біль носив тягнучий характер, супроводжувався похолоданням, онімінням і біганням мурашок в нижніх кінцівках. Шкіра була блідою, холодною на дотик, сухою (особливо в ділянці гомілки і стопи) з ознаками гіперкератозу. Відмічався білий дермографізм. У них відбувалося паралельне коливання температури і густини теплового потоку на стороні болю і низькі показники на інтактній стороні (рис. 1). Показники температури шкірних покривів на стороні болю були в межах 34.8 ± 0.5 °С, а густини теплового потоку становила 101.6 ± 0.3 мВт/см², а на інтактній стороні вони були в межах 30.6 ± 0.7 °С та густини теплового потоку 71.8 ± 0.4 мВт/см². Час виходу на теплове «насичення» становив 40.1 ± 0.2 секунд (рис. 2).

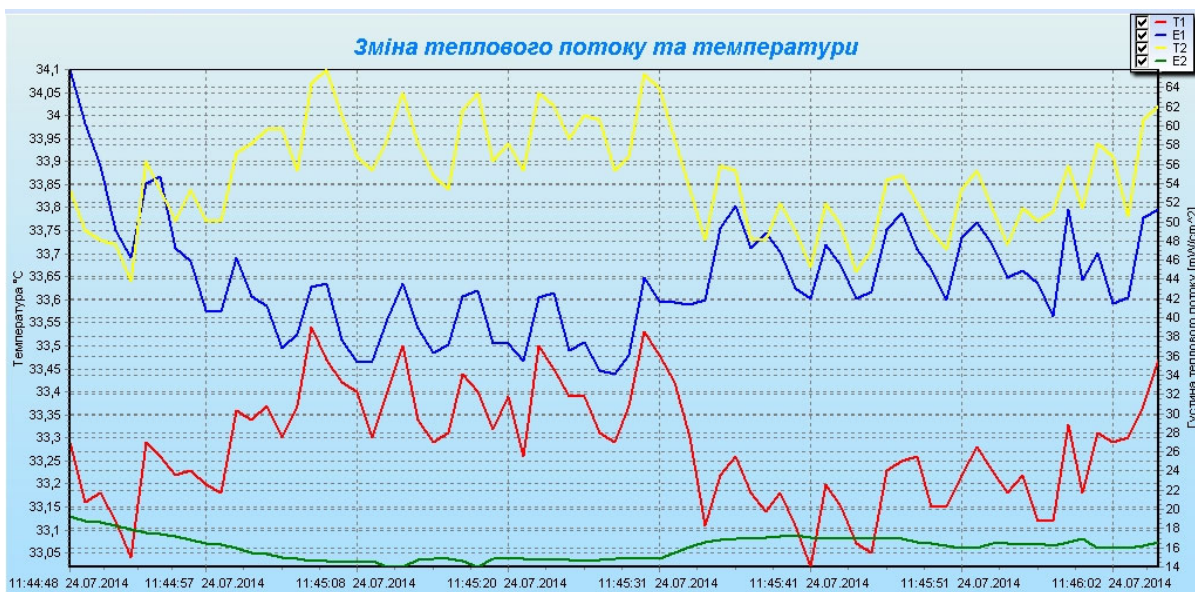


Рис. 2. Графічне зображення показників температури і густини теплового потоку у пацієнтів з ознаками люмбоішіалгії при грижах та протрузіях міжхребцевих дисків без ознак нестабільності в попереково-крижовому відділі хребта (пацієнт С., 36 років, історія хвороби № 563818)

У осіб з ознаками люмбоішіалгії, котра виникла на фоні гриж та протрузій між хребцевих дисків у поєднанні з нестабільністю в попереково-крижовому відділі хребта, біль був двостороннім, посилювався при згинанні чи розгинанні хребта і довготривалому сидінні, зменшувався у спокої. Рухи в поперековому відділі хребта були не обмежені, але болючі, особливо при згинанні. При симптомі натягу виникав двобічний біль у попереку. Відмічалися блідість шкірних покривів, відчуття печії, розпирання, асиметрія білого і червоного дермографізму в нижніх кінцівках. Відмічали ціаноз, «мармуровість» шкіри, переважно в стопах. Виявлялися супутні захворювання: варикозне розширення вен нижніх кінцівок і гемороїдальних вен, що вказувало на системну слабкість венозного апарату.

При проведенні теплотричних досліджень у цієї групи пацієнтів спостерігалася тенденція до симптому «ножиць» на стороні болю: різкий підйом густини теплового потоку до 85.4 ± 0.6 мВт/см² при майже незмінному показнику температури шкіри на стороні болю (34.7 ± 0.2 °С); час виходу на теплове «насичення» скорочувався до 39.8 ± 0.8 секунд. На протилежній стороні в паравертебральній зоні відбувалися незначні коливання теплотричних показників, які не виходили за межі фізіологічної норми (рис. 3).

Пацієнти, у котрих больовий синдром виник на фоні стенозу хребтового каналу в попереково-крижовому відділі хребта, зазначали, що больовий синдром тривав у них більш ніж два-три місяці і не зникав від дії звичайних знеболюючих препаратів та міорелаксантів.

Приносило полегшення лише застосування епідурального адгезіолізу. При прицільному обстеженні у них виявлено зменшення показників температури і густини теплового потоку з обох сторін, але більш інтенсивно на домінуючій стороні болю (рис. 4).

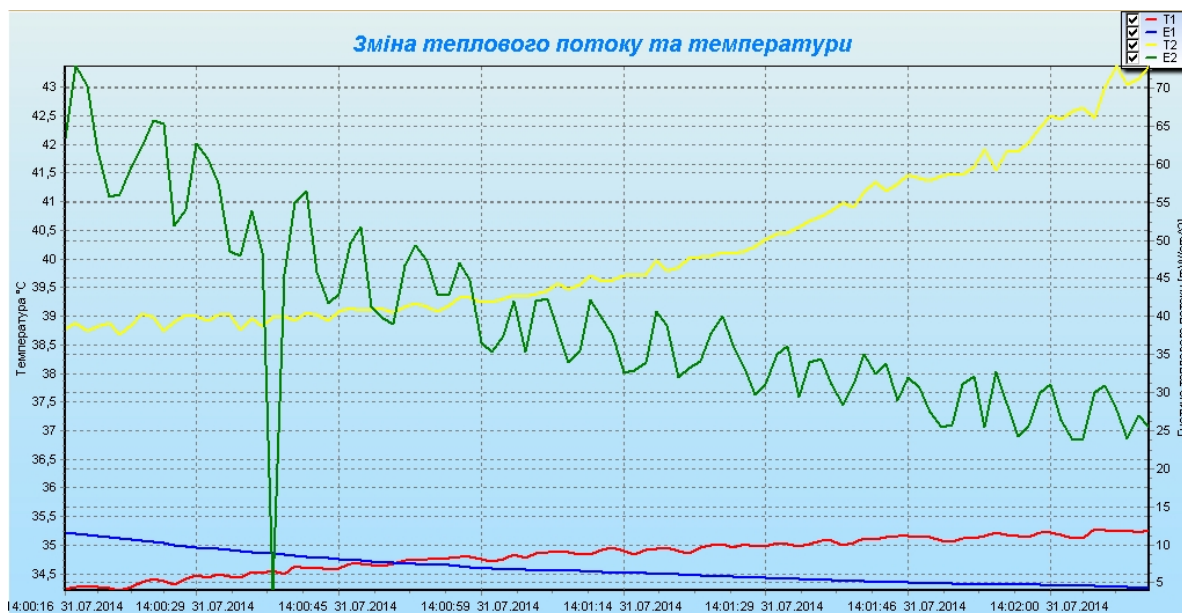


Рис. 3. Графічне зображення показників температури і густини теплового потоку у пацієнтів з ознаками люмбоішіалгії при грижах та протрузіях між хребцевих дисків у поєднанні з нестабільністю в попереково-крижовому відділі хребта (пацієнт Л., 50 років, історія хвороби № 563009)

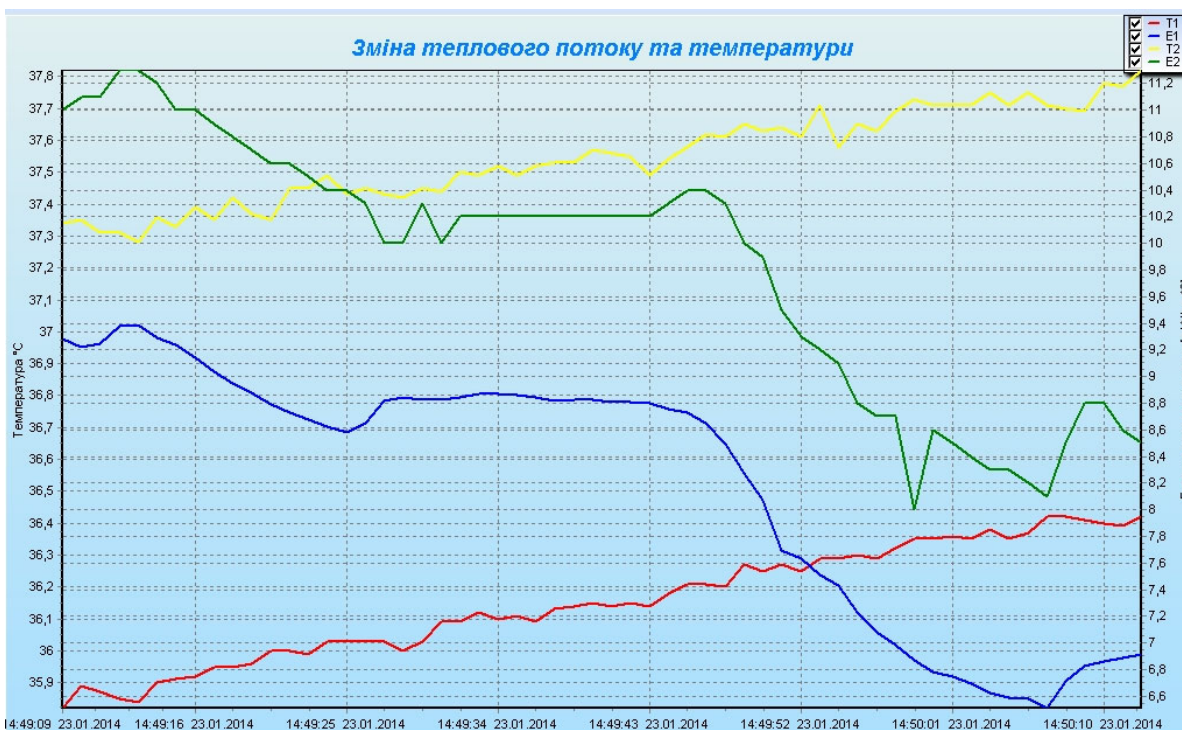


Рис. 4. Графічне зображення показників температури і густини теплового потоку у пацієнтів з больовим синдромом на фоні стенозу хребетного каналу на попереково-крижовому рівні (пацієнт А., 41 рік, історія хвороби № 578193)

Слід зазначити, що відособлено серед пацієнтів з хронічним болем в ділянці попереку стоять пацієнти з наявністю лінійної нестабільності хребців в цій ділянці хребта. Адже наявність такої патології у пацієнтів, котрі виконують значні фізичні навантаження, створює додаткове навантаження на хребет, загострює біль, особливо в умовах гострого стресу та нервового перенапруження. Тому раннє виявлення такої патології теж має вирішальне значення.

Отже, наступним етапом досліджень було обстеження 55 пацієнтів з наявністю хронічного болю у попереково-крижовій ділянці хребта зумовленого патологічною рухливістю хребців в попереково-крижовому відділі хребта. Біль носив постійний характер, іррадіював в одну із нижніх кінцівок, значно обмежував їхню повсякденну діяльність та посилювався вночі. Поряд з застосуванням нестероїдних протизапальних препаратів пацієнти змушені були застосовувати антиконвульсанти і антидепресанти. Тривалість захворювання складала 1–5 років. Вік пацієнтів: 49 ± 3.5 років. Всі пацієнти були поділені на дві клінічні групи.

У I клінічну групу увійшли 39 осіб з односторонньою люмбоішіалгією за наявності гриж та протрузій міжхребцевих дисків з ознаками лінійної нестабільності попереково-крижового відділу хребта, котрі підлягали консервативному лікуванню (основна група).

У II клінічну групу були віднесені 16 пацієнтів з односторонньою люмбоішіалгією за наявності гриж та протрузій міжхребцевих дисків без ознак лінійної нестабільності попереково-крижового відділу хребта, котрі також підлягали консервативному лікуванню (група порівняння).

Контрольну групу склали 10 осіб з відсутністю больового синдрому, за наявності гриж та протрузій міжхребцевих дисків, без ознак лінійної нестабільності попереково-крижового відділу хребта. Вік пацієнтів становив 49 ± 3.5 років.

Пацієнти I клінічної групи скаржилися на відчуття печії і болі в попереку, нижніх кінцівках, трофічні порушення. Спина у них була фіксована в зігнутому положенні. Позитивними були односторонні симптоми натягу, а у 20 % пацієнтів спостерігався перехресний симптом Ласега. Спостерігалися зниження об'єму рухів в поперековому відділі хребта, напруження м'язів поперекової ділянки, болі при пальпації і перкусії паравертебральних точок, різке обмеження нахилів у сторону ураження. У положенні лежачи на спині і з зігнутими нижніми кінцівками у кульшових суглобах біль зменшувався. Біль носив тягучий характер, супроводжувався похолоданням, онімінням і біганням мурашок в нижніх кінцівках. Шкіра була блідою, холодною на дотик, сухою з ознаками гіперкератозу. Відмічався білий дермографізм.

У осіб II клінічної групи біль був двостороннім, посилювався при згинанні чи розгинанні хребта і довготривалому сидінні, зменшувався у спокої. Рухи в поперековому відділі хребта були не обмежені, але болючі, особливо при згинанні. При симптомі натягу виникав двобічний біль у попереку. Відмічались блідість шкірних покривів, відчуття печії, розпирання, асиметрія білого і червоного дермографізму в нижніх кінцівках. Відмічали ціаноз, «мармуровість» шкіри, переважно в стопах. Виявлялися супутні захворювання: варикозне розширення вен нижніх кінцівок і гемороїдальних вен, що вказувало на системну слабкість венозного апарату.

Проведені клінічні дослідження дозволили нам прийти до висновку, що спастичний тип судинних реакцій в ділянці попереку та нижньої кінцівки є прямим показанням для проведення у пацієнтів мануальної терапії; дилатаційний тип судинних реакцій в цій ділянці спини потребує лише проведення у хворих окремих елементів кінезіотерапії.

На наступному етапі досліджень було проведено вимірювання термо- та теплометричних показників в паравертебральних ділянках та по ходу нервових корінців L_4-S_1 . Були отримані наступні результати вимірювань.

Контрольна група: фіксувалися рівномірні показники температури та густини теплового потоку з обох сторін в межах: $T = 33.2 \pm 0.5$ °C, $Q = 171.3 \pm 0.6$ мВт/см².

У осіб першої – основної групи (39 осіб): спостерігався симптом «ножиць» на стороні болю (пересікаються температура та густина теплового потоку на боці болю), при значному пониженні значень густини теплового потоку та помірне зростання температури на ушкодженій стороні. Показники температури і густини теплового потоку в паравертебральній ділянці на стороні болю становили $T = 34.19 \pm 1.71$ °C, а густина теплового потоку була в межах $Q = 26.82 \pm 4.98$ мВт/см².

У групі порівняння – другій клінічній групі – (16 осіб) виявлено помірне зниження величини густини теплового потоку на стороні болю та незначне підвищення температури на стороні болю. Значення теплометричних параметрів були наступними: $T = 39.8 \pm 6.29$ °C, $Q = 120.6 \pm 99.20$ мВт/см².

Паралельно у всіх обстежуваних пацієнтів ми вивчали варіабельність серцевого ритму на приладі «ВегетоСПЕКТР», що дозволило нам визначити у них спрямованість вегетативних реакцій та провести кореляційний аналіз цих показників.

Параметри спектральних та часових характеристик ВСР в обстежених групах представлені в таблиці 2.

Таблиця 2

*Параметри вегетативних реакцій пацієнтів при нестабільності
 в попереково-крижовому відділі хребта*

| N = 39 | M ± m | T1 (34.19 ± 1.71) | Q1 (26.82 ± 4.98) |
|---------------------------------------|---------------------|-------------------------|-------------------|
| | | Коефіцієнт кореляції, r | |
| Показник (спектральні характеристики) | | | |
| VLF, мс ² | 13768.07 ± 7361.08 | 0.65 | 0.28 |
| LF, мс ² | 23417.68 ± 14962.65 | 0.76 | 0.37 |
| HF, мс ² | 32919.18 ± 21321.92 | 0.84 | 0.44 |
| LF/HF, ум. од. | 2.01 ± 0.55 | -0.15 | 0 |
| LFn, % | 54.86 ± 4.37 | -0.2 | -0.3 |
| HFn, % | 45.14 ± 4.37 | 0.2 | 0.3 |
| Показник (часові характеристики) | | | |
| SDNN, мс | 156.11 ± 61.38 | 0.76 | 0.41 |
| pNN50, % | 18.35 ± 7.01 | 0.65 | 0.57 |
| RMSSD, мс | 186.58 ± 86.67 | 0.81 | 0.46 |

Група II

| N = 16 | M ± m | T2 (39.8 ± 6.29) | Q2 (120.6 ± 99.20) |
|---------------------------------------|---------------------|-------------------------|--------------------|
| | | Коефіцієнт кореляції, r | |
| Показник (спектральні характеристики) | | | |
| VLF, мс ² | 21608.2 ± 11315.41 | -0.09 | -0.10 |
| LF, мс ² | 60093.9 ± 31361.08 | -0.06 | -0.11 |
| HF, мс ² | 114969.2 ± 60523.87 | -0.07 | -0.10 |
| LF/HF, ум. од. | 1.0 ± 0.37 | -0.13 | -0.14 |
| LFn, % | 37.4 ± 3.57 | -0.17 | -0.28 |
| HFn, % | 60.5 ± 3.72 | 0.21 | 0.30 |
| Показник (часові характеристики) | | | |
| SDNN, мс | 287.5 ± 108.02 | -0.02 | -0.06 |
| pNN50, % | 54.0 ± 22.07 | 0.08 | -0.08 |
| RMSSD, мс | 383.7 ± 153.47 | -0.02 | -0.04 |

Таким чином, вперше встановлено пряму кореляцію між показниками температури та густини теплового потоку і показниками спектральних та часових характеристик ВСР в I групі обстежених. Причому, у формуванні показників теплового потоку значну роль відігравав високочастотний (парасимпатичний) HF-компонент ритму серцево-судинних реакцій.

На величину показників температури в цій групі значний вплив мали також показники гуморальної регуляції та метаболічних порушень.

У групі порівняння (II клінічна група) виявлені всі від'ємні слабкі кореляційні зв'язки між тепловими показниками та ВСР, окрім показника HFn, що вказувало також на роль парасимпатичних реакцій у формуванні показників густини теплового потоку у пацієнтів з ознаками люмбоішіалгії за відсутності лінійної нестабільності в поперековому відділі хребта.

Слід також відмітити той факт, що вперше виявлено значне зниження вироблення теплової енергії у осіб I клінічної групи, коли в неврологічному статусі у пацієнтів фіксуються лише функціональні рефлекторні зміни в периферичному нервовому волокні.

Відомі експериментальні дослідження закордонних вчених, які виявили, що при ушкодженні периферичного нервового волокна першими страждають холодові рецептори, яких у 2–2.5 разів більше, ніж теплових. На наш погляд, цим можна пояснити виникнення симптому “ножиць” у обстежених осіб.

Таким чином, статистичний набір клінічного матеріалу дозволить у перспективі впровадити термоелектричний медичний тепломір у первинну ланку медичної допомоги пацієнтам в період загострення захворювання, так і на рівні сільської амбулаторії та кабінету сімейного лікаря і автоматично встановлювати діагноз особам з неврологічними вертеброгенними розладами без застосування дороговартісних приладів променевої діагностики.

Такий комплексний підхід дозволить вдосконалити методи комплексного лікування тематичних хворих: окрім традиційного консервативного лікування в до- та післяопераційному періоді, яке включає застосування нестероїдних протизапальних препаратів, міорелаксантів та загальнозміцнюючого лікування, рекомендувати їм прийом дулоксетину по 60 мг на добу протягом тривалого часу. Це препарат з групи селективних інгібіторів захоплення серетоніну та норадреналіну, який дозволить значно покращити якість життя пацієнтів у післяопераційному періоді.

Підсумовуючи проведені клінічні обстеження і вимірювання ряду параклінічних показників у пацієнтів з наявністю вертеброгенного болю в ділянці попереку, а також результати анкетування пацієнтів можна сказати, що було чітко виявлено дескриптори гострого чи хронічного вертеброгенного болю у пацієнтів на фоні дегенеративно-дистрофічної патології хребта. Це, у свою чергу, дозволило більш обдуманно підійти до розробки та вдосконалення багатоканального термоелектричного тепломіру з подальшим удосконаленням тактики лікування (оперативне чи консервативне), що значно підвищує ефективність лікувального процесу.

Отже, проведені попередні клінічні дослідження дають можливість діагностувати запальні процеси, зокрема при неврологічних проявах остеохондрозу хребта, та відслідковувати ефективність проведеного консервативного лікування при дегенеративно-дистрофічних захворюваннях попереково-крижового відділу хребта.

Висновки

1. Вивчення змін теплотричних показників шкірних покривів у попереково-крижовому відділі хребта показало, що цей метод діагностики є високоінформативним і дозволяє правдиво вивчити ці зміни в залежності від віку, статі пацієнта та виявити основні тенденції у зміні їхнього стану протягом певного часу.
2. Проведені клінічні дослідження дають можливість діагностувати запальні процеси, зокрема при неврологічних проявах остеохондрозу хребта, та відслідковувати ефективність проведеного консервативного лікування при дегенеративно-дистрофічних захворюваннях попереково-крижового відділу хребта.
3. Встановлено, що одночасне вимірювання температури та густини теплового потоку досліджуваних ділянок тіла людини за допомогою термоелектричного медичного тепломіра дозволяє уже на ранніх стадіях запального процесу встановити характер неврологічних ускладнень при остеохондрозі хребта без застосування дороговартісних приладів променевої діагностики.
4. Визначення теплотричних показників у попереково-крижовій ділянці хребта у осіб з хронічним больовим синдромом на фоні дегенеративно-дистрофічної патології хребта за наявності гриж і протрузій міжхребцевих дисків дозволяє покращити діагностику неврологічних проявів даної патології, спрогнозувати перебіг цього захворювання та вибрати ефективний метод лікування.

Література

1. Faizerfan A., Sheh G. Transition from acute to chronic pain. *Continuing Education in Anaesthesia, Critical Care & Pain*, 2015, 15, pp. 98–102.
2. Aladio J.M., Costa D., Mastudo M., Pèrez de la Hoz A., González D., Brignoli A., Swieszkowski

- S.P., Pèrez de la Hoz R. Cortisol-Mediated Stress Response and Mortality in Acute Coronary Syndrome. *Current Problems in Cardiology*, 2021, 46(3), 100623.
3. Amaechi O., Huffman M.M., Featherstone K. Pharmacologic Therapy for Acute Pain. *American Family Physician*, 2021, 104(1), pp. 63–72.
 4. Maslova I.G., Slobodin T.N. Pathogenesis and modern comprehensive approach to the treatment of pain syndromes in neurology. *Mizhnarodnyi Nevrolohichnyi Zhurnal (International Neurological Journal)*, 2018, (6) (100), pp. 61–67.
 5. Maslova I.G., Mykhailovska N.O., Devyniak O.T., Slobodin T.M. Individual characteristics of patients with nonspecific back pain affecting the dynamics of pain syndrome during treatment with nonsteroidal anti-inflammatory drugs. *Ukrainskyi Visnyk Psykhonevrolohii (Ukrainian Bulletin of Psychoneurology)*, 2020, 28(1) (102), pp. 21–25.
 6. Macheret Ye.L., Dovhyi I.L., Korkushko O.O. *Lumbar spine osteochondrosis complicated by disc hernias: textbook*. Kyiv, 2006, Vol. 1, 256 p.; Vol. 2, 480 p.
 7. Arendt-Nielsen L., Morlion B., Perrot S., Dahan A., Dickenson A., Kress H.G., Wells C., Bouhassira D., Drewes A.M. Assessment and manifestation of central sensitisation across different chronic pain conditions. *European Journal of Pain (London, England)*, 2018, 22(2), pp. 216–241.
 8. Anderson D.B., Shaheed C.A. Medications for Treating Low Back Pain in Adults. Evidence for the Use of Paracetamol, Opioids, Nonsteroidal Antiinflammatories, Muscle Relaxants, Antibiotics, and Antidepressants: An Overview for Musculoskeletal Clinicians. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 2022, 52(7), pp. 425–431.
 9. Bailly F., Trouvin A.P., Bercier S., Dadoun S., Deneuille J.P., Faguer R., Fassier J.B., Koleck M.L., Lassalle L., Le Vraux T., Brigitte L., Petitprez K., Ramond-Roquin A., Renard J.O., Roren A., Rozenberg S., Sebire C., Vuides G., Rannou F.O., Audrey P. Clinical guidelines and care pathway for management of low back pain with or without radicular pain. *Joint Bone Spine*, 2021, 88(6), 105227.
 10. Baron R., Binder A., Attal N., Casale R., Dickenson A.H., Treede R.D. Neuropathic low back pain in clinical practice. *European Journal of Pain (London, England)*, 2016, 20(6), pp. 861–873.
 11. Barrey C.Y., Le Huec J.C., French Society for Spine Surgery. Chronic low back pain: Relevance of a new classification based on the injury pattern. *Orthopaedics & Traumatology, Surgery & Research: OTSR*, 2019, 105(2), pp. 339–346.
 12. Barros Dos Santos A.O., Pinto de Castro J.B., Lima V.P., da Silva E.B., de Souza Vale R.G. Effects of physical exercise on low back pain and cortisol levels: a systematic review with meta-analysis of randomized controlled trials. *Pain Management*, 2021, 11(1), pp. 49–57.
 13. Bendayan R., Ramírez-Maestre C., Ferrer E., López A., Esteve R. From acute to chronic back pain: Using linear mixed models to explore changes in pain intensity, disability, and depression. *Scandinavian Journal of Pain*, 2017, 16, pp. 45–51.
 14. Benson S., Siebert C., Koenen L.R., Engler H., Kleine-Borgmann J., Bingel U., Icenhour A., Elsenbruch S. Cortisol affects pain sensitivity and pain-related emotional learning in experimental visceral but not somatic pain: a randomized controlled study in healthy men and women. *Pain*, 2019, 160(8), pp. 1719–1728.
 15. Blichfeldt-Eckhardt M.R. From acute to chronic postsurgical pain: the significance of the acute pain response. *Danish Medical Journal*, 2018, 65(3), B5326.
 16. Borenstein D.G., Balagué F. Low Back Pain in Adolescent and Geriatric Populations. *Rheumatic Diseases Clinics of North America*, 2021, 47(2), pp. 149–163.
 17. Brinjikji W., Luetmer P.H., Comstock B., Bresnahan B.W., Chen L.E., Deyo R.A., Halabi S., Turner

- J.A., Avins A.L., James K., Wald J.T., Kallmes D.F., Jarvik J.G. Systematic literature review of imaging features of spinal degeneration in asymptomatic populations. *AJNR. American Journal of Neuroradiology*, 2015, 36(4), pp. 811–816.
18. Casser H.R., Seddigh S., Rauschmann M. Acute Lumbar Back Pain. *Deutsches Arzteblatt International*, 2016, 113(13), pp. 223–234.
19. Chang W.J. Muscle Relaxants for Acute and Chronic Pain. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 2020, 31(2), pp. 245–254.
20. Chiarotto A., Maxwell L.J., Ostelo R.W., Boers M., Tugwell P., Terwee C.B. Measurement Properties of Visual Analogue Scale, Numeric Rating Scale, and Pain Severity Subscale of the Brief Pain Inventory in Patients with Low Back Pain: A Systematic Review. *The Journal of Pain*, 2019, 20(3), pp. 245–263.
21. Chou R., Deyo R., Friedly J., Skelly A., Hashimoto R., Weimer M., Fu R., Dana T., Kraegel P., Griffin J., Grusing S., Brodt E.D. Nonpharmacologic Therapies for Low Back Pain: A Systematic Review for an American College of Physicians Clinical Practice Guideline. *Annals of Internal Medicine*, 2017, 166(7), pp. 493–505.
22. Chou R., Deyo R., Friedly J., Skelly A., Weimer M., Fu R., Dana T., Kraegel P., Griffin J., Grusing S. Systemic Pharmacologic Therapies for Low Back Pain: A Systematic Review for an American College of Physicians Clinical Practice Guideline. *Annals of Internal Medicine*, 2017, 166(7), pp. 480–492.
23. Chun S.W., Lim C.Y., Kim K., Hwang J., Chung S.G. The relationships between low back pain and lumbar lordosis: a systematic review and meta-analysis. *The Spine Journal: Official Journal of the North American Spine Society*, 2017, 17(8), pp. 1180–1191.
24. Corp N., Mansell G., Stynes S., Wynne-Jones G., Morsø L., Hill J.C., van der Windt D.A. Evidence-based treatment recommendations for neck and low back pain across Europe: A systematic review of guidelines. *European Journal of Pain (London, England)*, 2021, 25(2), pp. 275–295.
25. de Souza I.M.B., Sakaguchi T.F., Yuan S.L.K., Matsutani L.A., do Espírito-Santo A.S., Pereira C.A.B., Marques A.P. Prevalence of low back pain in the elderly population: a systematic review. *Clinics (Sao Paulo, Brazil)*, 2019, 74, e789.
26. Elder B.D., Witham T.F. Low Back Pain and Spondylosis. *Seminars in Neurology*, 2016, 36(5), pp. 456–461.
27. Foster N.E., Anema J.R., Cherkin D., Chou R., Cohen S.P., Gross D.P., Ferreira P.H., Fritz J.M., Koes B.W., Peul W., Turner J.A., Maher C.G., Lancet Low Back Pain Series Working Group. Prevention and treatment of low back pain: evidence, challenges, and promising directions. *Lancet (London, England)*, 2018, 391(10137), pp. 2368–2383.
28. Gianola S., Barger S., Del Castillo G., Corbetta D., Turolla A., Andreano A., Moja L., Castellini G. Effectiveness of treatments for acute and subacute mechanical non-specific low back pain: a systematic review with network meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 2022, 56(1), pp. 41–50.
29. Golob A.L., Wipf J.E. Low back pain. *The Medical Clinics of North America*, 2014, 98(3), pp. 405–428.
30. Goubert D., Oosterwijk J.V., Meeus M., Danneels L. Structural Changes of Lumbar Muscles in Non-specific Low Back Pain: A Systematic Review. *Pain Physician*, 2016, 19(7), pp. 985–1000.
31. Anatychuk L.I., Kobylanskyi R.R., Konstantinovich I.A., Lys'ko V.V., Puhantseva O.V., Rozver Yu.Yu., Tiumentsev V.A. Calibration bench for thermoelectric converters of heat flux. *Journal of Thermoelectricity*, 2016, (5), pp. 65–72.

32. Anatyshchuk L.I., Kobylianskyi R.R., Konstantynovych I.A., Kuz R.V., Manik O.M., Nitsovych O.V., Cherkez R.G. Technology for manufacturing thermoelectric microthermopiles. *Journal of Thermoelectricity*, 2016, (6), pp. 49–53.
33. Anatyshchuk L.I., Yuryk O.Ye., Kobylianskyi R.R., Roi I.V., Fishchenko Ya.V., Slobodianiuk N.P., Yuryk N.Ye., Duda B.S. Thermoelectric device for the diagnosis of inflammatory processes and neurological manifestations of vertebral osteochondrosis. *Journal of Thermoelectricity*, 2017, (3), pp. 52–65.
34. Yuryk O.E., Anatyshchuk L.I., Roy I.V., Kobylyansky R.R., Fishchenko Ya.V., Slobodyanyuk N.P., Yuryk N.E., Duda B.S. Peculiarities of thermal exchange in patients with neurological signs of lumbosacral osteochondrosis. *TRAUMA*, 2017, 18(6), pp. 121–126. <https://doi.org/10.22141/1608-1706.6.18.2017.121188>.
35. Anatyshchuk L.I., Yuryk O.E., Strafun S.S., Stashkevych A.T., Kobylianskyi R.R., Cheviuk A.D., Yuryk N.E., Duda B.S. Thermometric indicators in patients with chronic lower back pain. *Journal of Thermoelectricity*, 2021, (1), pp. 51–64.
36. Wang C., Jiao H., Anatyshchuk L., Pasyechnikova N., Naumenko V., Zadorozhnyy O., Vikhor L., Kobylianskyi R., Fedoriv R., Kochan O. Development of a Temperature and Heat Flux Measurement System Based on Microcontroller and its Application in Ophthalmology. *Measurement Science Review*, 2022, 22(2), pp. 73–79. <https://doi.org/10.2478/msr-2022-0009>.
37. Anatyshchuk L.I., Kobylianskyi R.R., Prybyla A.V., Konstantynovych I.A., Boychuk V.V. Computer simulation of the thermoelectric heat flow sensor on the surface of the human body. *Journal of Thermoelectricity*, 2022, (2), pp. 46–60.
38. Kobylianskyi R.R., Prybyla A.V., Konstantynovych I.A., Boychuk V.V. Results of experimental research on thermoelectric medical heat flow sensors. *Journal of Thermoelectricity*, 2022, (3–4), pp. 68–81.
39. Anatyshchuk L.I., Kobylianskyi R.R., Lysko V.V., Prybyla A.V., Konstantynovych I.A., Kobylyanska A.K., Havrylyuk M.V., Boychuk V.V. Method of calibration of thermoelectric sensors for medical purposes. *Journal of Thermoelectricity*, 2023, (3), pp. 37–49.
40. Kobylianskyi R.R., Lysko V.V., Prybyla A.V., Konstantynovych I.A., Kobylianska A.K., Bukharaeva N.R., Boychuk V.V. Technological modes of manufacturing thermoelectric sensors for medical purposes. *Journal of Thermoelectricity*, 2023, (4), pp. 49–63.
41. Yuryk O., Anatyshchuk L., Kobylianskyi R., Yuryk N. Measurement of heat flux density as a new method of diagnosing neurological. *Modern Methods of Diagnosing Diseases*, Kharkiv: PC Technology Center, 2023, pp. 31–68. <https://doi.org/10.15587/978-617-7319-65-7.ch2>.
42. Hartvigsen J., Hancock M.J., Kongsted A., Louw Q., Ferreira M.L., Genevay S., Hoy D., Karppinen J., Pransky G., Sieper J., Smeets R.J., Underwood M., & Lancet Low Back Pain Series Working Group. What low back pain is and why we need to pay attention. *Lancet (London, England)*, 2018, 391(10137), pp. 2356–2367.
43. Milevska-Vovchuk L.S. Selection of the optimal method for assessing pain syndrome in patients with chronic low back pain syndrome. *Ukrainskyi nevrolohichnyi zhurnal (Ukrainian Neurological Journal)*, 2016, (2), pp. 96–100.
44. Brinjikj W., Luetmer P.H., Comstock B., Bresnahan B.W., Chen L.E., Deyo R.A., Halabi S., Turner J.A., Avins A.L., James K., Wald J.T., Kallmits D.F., Jarvik J.G. Systematic literature review of imaging features of spinal degeneration in asymptomatic populations. *AJNR. American Journal of Neuroradiology*, 2015, 36(4), pp. 811–816.
45. Kulyk A., Paienok A. Clinical analysis of qualitative and quantitative characteristics of pain in

patients with acute and chronic course of vertebrogenic lumbosacral pain syndromes. *Ukrainskyi visnyk psyhonevrolohii (Ukrainian Bulletin of Psychoneurology)*, 2023, 3(31), pp. 29–33.

Надійшла до редакції: 20.08.2024.

R.R. Kobylanskyi, Cand. Sc. (Phys.-Math.)^{1,2}

O.Ye. Yuryk, MD³

S.S. Strafun, MD³

A.T. Stashkevych, MD³

A.S. Gerasymenko, MD³

S.I. Gerasymenko, MD³

V.V. Hromadskyi, postgraduate³

A.K. Kobylanska, Cand. Sc. (Phys.-Math.)¹

V.V. Boichuk, postgraduate²

Yu.I. Mazar, student²

¹Institute of Thermoelectricity of the NAS and MES of Ukraine,

1 Nauky str., Chernivtsi, 58029, Ukraine;

²Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University,

2 Kotsiubynsky str., Chernivtsi, 58012, Ukraine;

³SI “The Institute of Traumatology and Orthopedics”

by NAMS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

USE OF THERMOELECTRIC HEAT METERS IN LOCOMOTOR THERAPY FOR THE REHABILITATION OF PATIENTS WITH LUMBOSACRAL SPINE INJURIES

The study presents the results of using thermoelectric heat meters in locomotor therapy for the rehabilitation of patients with lumbosacral spine injuries. The conducted clinical studies enable the diagnosis of inflammatory processes, particularly in neurological manifestations of spinal osteochondrosis, and allow monitoring the effectiveness of conservative treatment for degenerative-dystrophic diseases of the lumbosacral spine. The effectiveness of thermoelectric heat meters in medical diagnostics has been confirmed. Bibl. 45, Figs. 4, Tabl. 2.

Key words: thermoelectric heat meter, heat flux density, temperature, thermometric indicators, spinal osteochondrosis, locomotor therapy.

References

1. Faizerfan A., Sheh G. Transition from acute to chronic pain. *Continuing Education in Anaesthesia, Critical Care & Pain*, 2015, 15, pp. 98–102.
2. Aladio J.M., Costa D., Mastudo M., Pèrez de la Hoz A., González D., Brignoli A., Swieszkowski S.P., Pèrez de la Hoz R. Cortisol-Medialeated Stress Response and Mortality in Acute Coronary Syndrome. *Current Problems in Cardiology*, 2021, 46(3), 100623.
3. Amaechi O., Huffman M.M., Featherstone K. Pharmacologic Therapy for Acute Pain. *American Family Physician*, 2021, 104(1), pp. 63–72.

4. Maslova I.G., Slobodin T.N. Pathogenesis and modern comprehensive approach to the treatment of pain syndromes in neurology. *Mizhnarodnyi Nevrolohichnyi Zhurnal (International Neurological Journal)*, 2018, (6) (100), pp. 61–67.
5. Maslova I.G., Mykhailovska N.O., Devyniak O.T., Slobodin T.M. Individual characteristics of patients with nonspecific back pain affecting the dynamics of pain syndrome during treatment with nonsteroidal anti-inflammatory drugs. *Ukrainskyi Visnyk Psykhonevrolohii (Ukrainian Bulletin of Psychoneurology)*, 2020, 28(1) (102), pp. 21–25.
6. Macheret Ye.L., Dovhyi I.L., Korkushko O.O. *Lumbar spine osteochondrosis complicated by disc hernias: textbook*. Kyiv, 2006, Vol. 1, 256 p.; Vol. 2, 480 p.
7. Arendt-Nielsen L., Morlion B., Perrot S., Dahan A., Dickenson A., Kress H.G., Wells C., Bouhassira D., Drewes A.M. Assessment and manifestation of central sensitisation across different chronic pain conditions. *European Journal of Pain (London, England)*, 2018, 22(2), pp. 216–241.
8. Anderson D.B., Shaheed C.A. Medications for Treating Low Back Pain in Adults. Evidence for the Use of Paracetamol, Opioids, Nonsteroidal Antiinflammatories, Muscle Relaxants, Antibiotics, and Antidepressants: An Overview for Musculoskeletal Clinicians. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 2022, 52(7), pp. 425–431.
9. Bailly F., Trouvin A.P., Bercier S., Dadoun S., Deneuille J.P., Faguer R., Fassier J.B., Koleck M.L., Lassalle L., Le Vraux T., Brigitte L., Petitprez K., Ramond-Roquin A., Renard J.O., Roren A., Rozenberg S., Sebire C., Vuides G., Rannou F.O., Audrey P. Clinical guidelines and care pathway for management of low back pain with or without radicular pain. *Joint Bone Spine*, 2021, 88(6), 105227.
10. Baron R., Binder A., Attal N., Casale R., Dickenson A.H., Treede R.D. Neuropathic low back pain in clinical practice. *European Journal of Pain (London, England)*, 2016, 20(6), pp. 861–873.
11. Barry C.Y., Le Huec J.C., French Society for Spine Surgery. Chronic low back pain: Relevance of a new classification based on the injury pattern. *Orthopaedics & Traumatology, Surgery & Research: OTSR*, 2019, 105(2), pp. 339–346.
12. Barros Dos Santos A.O., Pinto de Castro J.B., Lima V.P., da Silva E.B., de Souza Vale R.G. Effects of physical exercise on low back pain and cortisol levels: a systematic review with meta-analysis of randomized controlled trials. *Pain Management*, 2021, 11(1), pp. 49–57.
13. Bendayan R., Ramírez-Maestre C., Ferrer E., López A., Esteve R. From acute to chronic back pain: Using linear mixed models to explore changes in pain intensity, disability, and depression. *Scandinavian Journal of Pain*, 2017, 16, pp. 45–51.
14. Benson S., Siebert C., Koenen L.R., Engler H., Kleine-Borgmann J., Bingel U., Icenhour A., Elsenbruch S. Cortisol affects pain sensitivity and pain-related emotional learning in experimental visceral but not somatic pain: a randomized controlled study in healthy men and women. *Pain*, 2019, 160(8), pp. 1719–1728.
15. Blichfeldt-Eckhardt M.R. From acute to chronic postsurgical pain: the significance of the acute pain response. *Danish Medical Journal*, 2018, 65(3), B5326.
16. Borenstein D.G., Balagué F. Low Back Pain in Adolescent and Geriatric Populations. *Rheumatic Diseases Clinics of North America*, 2021, 47(2), pp. 149–163.
17. Brinjikji W., Luetmer P.H., Comstock B., Bresnahan B.W., Chen L.E., Deyo R.A., Halabi S., Turner J.A., Avins A.L., James K., Wald J.T., Kallmes D.F., Jarvik J.G. Systematic literature review of imaging features of spinal degeneration in asymptomatic populations. *AJNR. American Journal of Neuroradiology*, 2015, 36(4), pp. 811–816.
18. Casser H.R., Seddigh S., Rauschmann M. Acute Lumbar Back Pain. *Deutsches Arzteblatt*

International, 2016, 113(13), pp. 223–234.

19. Chang W.J. Muscle Relaxants for Acute and Chronic Pain. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 2020, 31(2), pp. 245–254.
20. Chiarotto A., Maxwell L.J., Ostelo R.W., Boers M., Tugwell P., Terwee C.B. Measurement Properties of Visual Analogue Scale, Numeric Rating Scale, and Pain Severity Subscale of the Brief Pain Inventory in Patients with Low Back Pain: A Systematic Review. *The Journal of Pain*, 2019, 20(3), pp. 245–263.
21. Chou R., Deyo R., Friedly J., Skelly A., Hashimoto R., Weimer M., Fu R., Dana T., Kraegel P., Griffin J., Grusing S., Brodt E.D. Nonpharmacologic Therapies for Low Back Pain: A Systematic Review for an American College of Physicians Clinical Practice Guideline. *Annals of Internal Medicine*, 2017, 166(7), pp. 493–505.
22. Chou R., Deyo R., Friedly J., Skelly A., Weimer M., Fu R., Dana T., Kraegel P., Griffin J., Grusing S. Systemic Pharmacologic Therapies for Low Back Pain: A Systematic Review for an American College of Physicians Clinical Practice Guideline. *Annals of Internal Medicine*, 2017, 166(7), pp. 480–492.
23. Chun S.W., Lim C.Y., Kim K., Hwang J., Chung S.G. The relationships between low back pain and lumbar lordosis: a systematic review and meta-analysis. *The Spine Journal: Official Journal of the North American Spine Society*, 2017, 17(8), pp. 1180–1191.
24. Corp N., Mansell G., Stynes S., Wynne-Jones G., Morsø L., Hill J.C., van der Windt D.A. Evidence-based treatment recommendations for neck and low back pain across Europe: A systematic review of guidelines. *European Journal of Pain (London, England)*, 2021, 25(2), pp. 275–295.
25. de Souza I.M.B., Sakaguchi T.F., Yuan S.L.K., Matsutani L.A., do Espírito-Santo A.S., Pereira C.A.B., Marques A.P. Prevalence of low back pain in the elderly population: a systematic review. *Clinics (Sao Paulo, Brazil)*, 2019, 74, e789.
26. Elder B.D., Witham T.F. Low Back Pain and Spondylosis. *Seminars in Neurology*, 2016, 36(5), pp. 456–461.
27. Foster N.E., Anema J.R., Cherkin D., Chou R., Cohen S.P., Gross D.P., Ferreira P.H., Fritz J.M., Koes B.W., Peul W., Turner J.A., Maher C.G., Lancet Low Back Pain Series Working Group. Prevention and treatment of low back pain: evidence, challenges, and promising directions. *Lancet (London, England)*, 2018, 391(10137), pp. 2368–2383.
28. Gianola S., Barger S., Del Castillo G., Corbetta D., Turolla A., Andreano A., Moja L., Castellini G. Effectiveness of treatments for acute and subacute mechanical non-specific low back pain: a systematic review with network meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 2022, 56(1), pp. 41–50.
29. Golob A.L., Wipf J.E. Low back pain. *The Medical Clinics of North America*, 2014, 98(3), pp. 405–428.
30. Goubert D., Oosterwijck J.V., Meeus M., Danneels L. Structural Changes of Lumbar Muscles in Non-specific Low Back Pain: A Systematic Review. *Pain Physician*, 2016, 19(7), pp. 985–1000.
31. Anatychuk L.I., Kobylanskyi R.R., Konstantinovich I.A., Lys'ko V.V., Puhantseva O.V., Rozver Yu.Yu., Tiumentsev V.A. Calibration bench for thermoelectric converters of heat flux. *Journal of Thermoelectricity*, 2016, (5), pp. 65–72.
32. Anatychuk L.I., Kobylanskyi R.R., Konstantynovych I.A., Kuz R.V., Manik O.M., Nitsovyeh O.V., Cherkez R.G. Technology for manufacturing thermoelectric microthermopiles. *Journal of Thermoelectricity*, 2016, (6), pp. 49–53.
33. Anatychuk L.I., Yuryk O.Ye., Kobylanskyi R.R., Roi I.V., Fishchenko Ya.V., Slobodianiuk N.P.,

- Yuryk N.Ye., Duda B.S. Thermoelectric device for the diagnosis of inflammatory processes and neurological manifestations of vertebral osteochondrosis. *Journal of Thermoelectricity*, 2017, (3), pp. 52–65.
34. Yuryk O.E., Anatyshuk L.I., Roy I.V., Kobylyansky R.R., Fishchenko Ya.V., Slobodyanyuk N.P., Yuryk N.E., Duda B.S. Peculiarities of thermal exchange in patients with neurological signs of lumbosacral osteochondrosis. *TRAUMA*, 2017, 18(6), pp. 121–126. <https://doi.org/10.22141/1608-1706.6.18.2017.121188>.
35. Anatyshuk L.I., Yuryk O.E., Strafun S.S., Stashkevych A.T., Kobylianskyi R.R., Cheviuk A.D., Yuryk N.E., Duda B.S. Thermometric indicators in patients with chronic lower back pain. *Journal of Thermoelectricity*, 2021, (1), pp. 51–64.
36. Wang C., Jiao H., Anatyshuk L., Pasychnikova N., Naumenko V., Zadorozhnyy O., Vikhor L., Kobylianskyi R., Fedoriv R., Kochan O. Development of a Temperature and Heat Flux Measurement System Based on Microcontroller and its Application in Ophthalmology. *Measurement Science Review*, 2022, 22(2), pp. 73–79. <https://doi.org/10.2478/msr-2022-0009>.
37. Anatyshuk L.I., Kobylianskyi R.R., Prybyla A.V., Konstantynovych I.A., Boychuk V.V. Computer simulation of the thermoelectric heat flow sensor on the surface of the human body. *Journal of Thermoelectricity*, 2022, (2), pp. 46–60.
38. Kobylianskyi R.R., Prybyla A.V., Konstantynovych I.A., Boychuk V.V. Results of experimental research on thermoelectric medical heat flow sensors. *Journal of Thermoelectricity*, 2022, (3–4), pp. 68–81.
39. Anatyshuk L.I., Kobylianskyi R.R., Lysko V.V., Prybyla A.V., Konstantynovych I.A., Kobylyanska A.K., Havrylyuk M.V., Boychuk V.V. Method of calibration of thermoelectric sensors for medical purposes. *Journal of Thermoelectricity*, 2023, (3), pp. 37–49.
40. Kobylianskyi R.R., Lysko V.V., Prybyla A.V., Konstantynovych I.A., Kobylianska A.K., Bukharaeva N.R., Boychuk V.V. Technological modes of manufacturing thermoelectric sensors for medical purposes. *Journal of Thermoelectricity*, 2023, (4), pp. 49–63.
41. Yuryk O., Anatyshuk L., Kobylianskyi R., Yuryk N. Measurement of heat flux density as a new method of diagnosing neurological. *Modern Methods of Diagnosing Diseases*, Kharkiv: PC Technology Center, 2023, pp. 31–68. <https://doi.org/10.15587/978-617-7319-65-7.ch2>.
42. Hartvigsen J., Hancock M.J., Kongsted A., Louw Q., Ferreira M.L., Genevay S., Hoy D., Karppinen J., Pransky G., Sieper J., Smeets R.J., Underwood M., & Lancet Low Back Pain Series Working Group. What low back pain is and why we need to pay attention. *Lancet (London, England)*, 2018, 391(10137), pp. 2356–2367.
43. Milevska-Vovchuk L.S. Selection of the optimal method for assessing pain syndrome in patients with chronic low back pain syndrome. *Ukrainskyi nevrolohichnyi zhurnal (Ukrainian Neurological Journal)*, 2016, (2), pp. 96–100.
44. Brinjikj W., Luetmer P.H., Comstock B., Bresnahan B.W., Chen L.E., Deyo R.A., Halabi S., Turner J.A., Avins A.L., James K., Wald J.T., Kallmits D.F., Jarvik J.G. Systematic literature review of imaging features of spinal degeneration in asymptomatic populations. *AJNR. American Journal of Neuroradiology*, 2015, 36(4), pp. 811–816.
45. Kulyk A., Paienok A. Clinical analysis of qualitative and quantitative characteristics of pain in patients with acute and chronic course of vertebrogenic lumbosacral pain syndromes. *Ukrainskyi visnyk psikhonevrolohii (Ukrainian Bulletin of Psychoneurology)*, 2023, 3(31), pp. 29–33.

Submitted: 20.08.2024.