

Анатичук Л.І.^{1,2} *ак. НАН України,*
Юрик О.Є.³ *док. мед. наук,*
Кобилянський Р.Р.^{1,2} *канд. фіз.-мат. наук,*
Рой І.В.³ *док. мед. наук, Фіщенко Я.В.³ *канд. мед. наук,*
Слободянюк Н.П.³, **Юрик Н.Є.**³, **Дуда Б.С.**³*

¹Інститут термоелектрики НАН і МОН України, вул. Науки, 1,
Чернівці, 58029, Україна, *e-mail: anatysh@gmail.com;*

²Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
вул. Коцюбинського 2, Чернівці, 58012, Україна
e-mail: anatysh@gmail.com

³ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України»,
вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна
e-mail: info@into.gov.ua

ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИЙ ПРИЛАД ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ЗАПАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ ТА НЕВРОЛОГІЧНИХ ПРОЯВІВ ОСТЕОХОНДРОЗУ ХРЕБТА ЛЮДИНИ

У роботі наведено результати розробки термоелектричного приладу, що призначений для одночасного вимірювання температури і густини теплових потоків поверхні тіла людини контактним способом. Розроблено спеціалізовану комп'ютерну програму "TermoMonitor" для обробки результатів вимірювань, їх накопичення і відтворення у заданому вигляді на персональному комп'ютері, що дає можливість здійснювати моніторинг температурного та теплового стану людини у реальному часі. Наведено особливості конструкції приладу, його технічні характеристики та результати попередніх клінічних випробувань. Бібл. 28, рис. 3, табл. 2.

Ключові слова: термоелектричний сенсор, густина теплового потоку, температура, запальні процеси організму людини, остеохондроз хребта.

Вступ

Загальна характеристика проблеми. Остеохондроз хребта та його неврологічні прояви є однією із актуальних проблем сучасної медицини. Це зумовлено широкою розповсюдженістю патології в активному працездатному віці, частою схильністю захворювання до стійкого та затяжного перебігу, невпинним прогресуванням кількості таких хворих з віком. Вагоме місце в цьому переліку займають неврологічні прояви остеохондрозу поперекового відділу хребта, що складають 60 – 70 % серед усіх захворювань периферійної нервової системи та є причиною більш ніж 70 % випадків тимчасової втрати працездатності. Поширеність цієї патології в Україні на сьогоднішній день складає 10 тис. осіб на 100 тис. населення. Слід зазначити, що багато аспектів цієї патології досі не вивчено, потребують подальшого вдосконалення сучасних методів діагностики та лікування цього захворювання [1 – 5].

В останні роки, особливо в ДУ "Інститут травматології та ортопедії НАМН України" почали широко застосовувати методику епідурального адгезіолізу [6 – 9]. Метою даного виду лікування є зняття запалення та мінімізація механічної дії на нервові структури. Цю методику проводиться за допомогою катетера — тонкої трубки, що проводиться в середину каналу хребта. Процедура здійснюється під флюороскопічним контролем. Спочатку через розщелину крижової кістки біля місця прикріплення куприка робиться прокол більш товстою голкою. Все це робиться під місцевим знеболенням. В середині голки проводиться тонка трубка (катетер) з металевою дротиною, яку видно на рентгенівському знімку. Лікар контролює положення трубки з допомогою рентген-апарата. Після того, як кінець катетера встановлений в потрібне місце, металева дротина витягується і всередині хребта залишається тільки м'яка пластикова трубка, в кінці якої є отвори. Через неї один або кілька разів вводяться ліки, як правило, кортикостероїди продовженої дії та гіпертонічний розчин, що прискорюють розсмоктування кили та зменшують больові відчуття.

Цей метод застосовується як альтернатива хірургічному втручанню. Він не замінює традиційні операції, проте в значній частці пацієнтів дозволяє сильно зменшити болі та обійтися без подальших хірургічних втручань. Також цей метод рекомендується, щоб зменшити болі в хворих, які відмовляються від операції або тих, кому операцію неможливо провести через стан здоров'я. Для оцінки ефективності проведеного лікування нещодавно почали застосовувати вдосконалені методи оцінки зміни тепловиділення та температурних реакцій організму у відповідь на проведену процедуру [10 – 13].

Відомо, що перспективними для дослідження локальних тепловиділень людини є напівпровідникові термоелектричні сенсори теплового потоку [14 – 24], які поєднують в собі мініатюрність, високу чутливість, стабільність параметрів у широкому інтервалі робочих температур і узгоджуються із сучасною реєструючою апаратурою [25 – 28]. Використання таких сенсорів дозволяє досягати високої локальності та точності теплометричних вимірювань. Це, в свою чергу, дає можливість отримувати інформацію про характеристики досліджуваних об'єктів і детально їх аналізувати з метою виявлення на ранніх стадіях запальних процесів організму людини.

Важливим також є контроль тепловиділення на ділянках тіла людини, де мало місце операційне втручання. При нормальному загоєнні ран тепловиділення хоч і збільшене, однак знаходиться у відповідних межах. Однак, якщо загоєння супроводжується істотними запальними процесами (наприклад від порушення стерильності ран), то про такі процеси, в першу чергу, може інформувати термоелектричний сенсор шляхом реєстрації локальних теплових аномалій. Таким чином, моніторинг тепловиділення організму людини є надзвичайно важливим, оскільки може дати інформацію як про протікання загострення хвороби, так і, навпаки, про процеси реабілітації.

Тому *метою роботи* є розробка термоелектричного приладу для діагностики запальних процесів та больового синдрому при дегенеративно-дистрофічних захворюваннях попереково-крижового відділу хребта.

Конструкція і технічні характеристики приладу

В Інституті термоелектрики НАН та МОН України було розроблено двоканальний термоелектричний прилад для вимірювання температури і теплових потоків (рис. 1). Технічні характеристики приладу наведено у табл. 1.

Прилад призначений для вимірювання температури і густини теплового потоку поверхні тіла людини контактним способом, що дозволяє виявляти на ранніх стадіях запальні процеси людського організму, різноманітні захворювання та проводити експрес-діагностику під час масового огляду пацієнтів. У даній роботі прилад використано для визначення запальних процесів та больового синдрому при дегенеративно-дистрофічних захворюваннях попереково-крижового відділу хребта.

Прилад містить блок керування 1 та термоелектричні сенсори температури і теплового потоку 2. Вимірювання температури та густини теплового потоку відбувається одночасно 2-ма термоелектричними сенсорами із записом результатів вимірювання на карту пам'яті MicroSD та комп'ютерним відображенням на ПК (з операційною системою Windows 7-10). Запис даних здійснюється у форматі "Comma-separated values" (csv), що дозволяє відкривати файли запису результатів вимірювання без будь-якого додаткового конвертування у більшості програм для роботи з електронними таблицями, таких як "Microsoft Excel", "Open office" та ін., а також у спеціалізованій програмі приладу "TermoMonitor" для побудови графіків вимірювань.

Принцип роботи приладу полягає у перетворенні теплового потоку і температури тіла людини за допомогою двох термоелектричних сенсорів густини теплового потоку і температури в еквівалентні за величиною електричні сигнали, які виводяться на цифровий дисплей блоку керування в одиницях густини теплового потоку (мВт/см^2) і температури ($^{\circ}\text{C}$).



Рис. 1. Термоелектричний прилад для вимірювання температури і теплових потоків: 1 – блок керування, 2 – термоелектричний сенсор температури і теплового потоку.

Таблиця 1

Технічні характеристики приладу

| № | Технічні характеристики приладу | Значення параметрів |
|-----|--|--|
| 1. | Діапазон робочих температур термоелектричного сенсора | $(0 \div +50) \text{ } ^\circ\text{C}$ |
| 2. | Точність вимірювання температури | $\pm 0.1 \text{ } ^\circ\text{C}$ |
| 3. | Діапазон вимірювання густини теплового потоку | $(1 \div 100) \text{ мВт/см}^2$ |
| 4. | Максимальна похибка вимірювання густини теплового потоку | 5 % |
| 5. | Кількість термоелектричних сенсорів | 2 |
| 6. | Габаритні розміри термоелектричного сенсора | $(14 \times 14 \times 3) \text{ мм}$ |
| 7. | Габаритні розміри блоку керування | $(90 \times 55 \times 25) \text{ мм}$ |
| 8. | Вага термоелектричного сенсора | 20 г |
| 9. | Вага приладу | 150 г |
| 10. | Час неперервної роботи приладу | 48 год |

На верхній стінці приладу вмонтовано два роз'єми для підключення термоелектричних сенсорів температури і теплового потоку та кнопка вмикання. На правій боковій стінці розміщено роз'єм для карти пам'яті microSD та miniUSB-роз'єм для підключення приладу до персонального комп'ютера. Також через miniUSB-роз'єм здійснюється живлення батареї приладу.

На передній стінці корпусу вмонтовано рідкокристалічний дисплей, на якому у вигляді графіків відображаються значення густини теплових потоків відповідних ділянок тіла людини та значення температури. Таким чином, отримані результати вимірювань можна аналізувати безпосередньо з графіків, що відображаються на дисплеї. Наявність у приладі одночасно двох термоелектричних сенсорів дає змогу порівнювати результати вимірювань хворої та здорової ділянки поверхні тіла людини.

Крім того, на передній стінці приладу розміщено 6 кнопок для керування роботою приладу – "ВЛІВО", "ВПРАВО", "ВВЕРХ", "ВНИЗ", "ОК", "МЕНЮ". Призначення пунктів «МЕНЮ» приладу наступне:

- "ПОЧАТИ ЗАПИС" / "ЗУПИНИТИ ЗАПИС" – прилад починає запис результатів вимірювань у новий файл, зупиняє відповідний запис і зберігає інформацію на карту пам'яті;
- "ВИБІР РЕЖИМУ" – викликає суб-меню вибору одного з 9 режимів відображення інформації у вигляді графіків у реальному часі;
- "ПЕРІОД ЗАПИСУ" – призначений для вибору періоду часу, через який результати вимірювань будуть записуватись у файл на карту пам'яті та відображатись на дисплеї приладу;
- "ЧАС/ДАТА" – перехід в режим налаштування часу і дати;
- "АКУМУЛЯТОР" – відображає напругу на батареї живлення приладу;
- "ДОВІДКА" – відображає інформацію про прилад.

Структурна схема приладу (рис. 2) складається з наступних функціональних вузлів: термоелектричний сенсор теплового потоку з вбудованим давачем температури, аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) для перетворення аналогових сигналів сенсора у цифрові, мультиплексор для комутування цифрових сигналів з АЦП та почергової передачі їх на

мікроконтролер, за допомогою якого відбувається обробка цифрових сигналів, їх збереження на карту пам'яті, графічна візуалізація інформації на дисплеї та персональному комп'ютері.

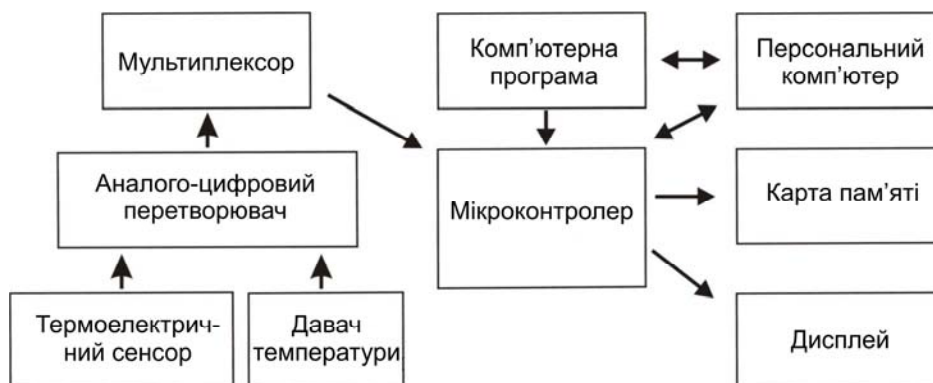


Рис. 2. Структурна схема термоелектричного приладу для вимірювання температури і теплових потоків.

Основним функціональним вузлом блоку керування є мікроконтролер, що працює на частоті до 20 МГц та забезпечує високу швидкість обробки сигналів термоелектричного сенсора температури і теплового потоку. За допомогою персонального комп'ютера здійснюється програмування мікроконтролера, який, у свою чергу, керує роботою інших функціональних вузлів приладу.

Прилад містить власне джерело живлення для того, щоб забезпечити можливість його використання разом з пацієнтом в автономному режимі. Це, у свою чергу, дозволяє розширити функціональні можливості приладу. Живлення приладу відбувається за допомогою літій-іонної батареї ємністю 1200 мА·год, що забезпечує 48 годин неперервної роботи приладу.

Опис комп'ютерної програми приладу

Комп'ютерна програма приладу (рис. 3) написана на мові програмування Delphi.

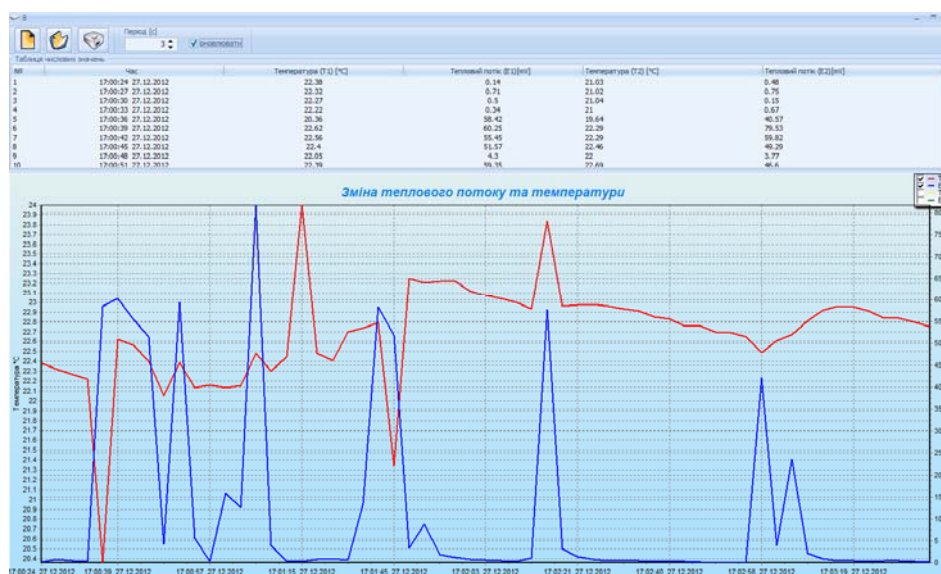


Рис. 3. Інтерфейс комп'ютерної програми "ТермоMonitor" для обробки результатів вимірювань, їх накопичення і відтворення у заданому вигляді на персональному комп'ютері (відображається зміна температури і теплового потоку 1-го термоелектричного сенсора).

Програма дозволяє обмінюватись даними з блоком керування через USB-інтерфейс. Обмін даними здійснюється по HID-протоколу (Human Device Interface), що дає можливість підключати прилад до персонального комп'ютера без встановлення додаткових драйверів.

При виборі в комп'ютерній програмі опції "ОНОВЛЮВАТИ ДАНІ" запускається цикл, який відправляє запити на передачу даних з блоку керування. Блок керування на такі запити відправляє пакет даних про температуру і тепловий потік термоелектричних сенсорів із заданим інтервалом часу. Отриманий пакет даних обробляється, після чого інформація відображається на персональному комп'ютері у вигляді таблиць та графіків.

При натисненні кнопки "ЗБЕРЕГТИ" всі дані з таблиці перетворюються в "рядкові" значення (звичайний текст), розділяються крапкою і комою та записуються у файл з розширенням "csv", який можна відкрити будь-якою програмою для роботи з електронними таблицями (Microsoft Excel і т.д.). При відкриванні файлу такою програмою відбувається декодування "csv"-формату в пакет даних з плаваючою крапкою, що дозволяє відображати інформацію у вигляді таблиці та відповідних графіків на персональному комп'ютері.

Результати попередніх клінічних досліджень

Метою попередніх клінічних досліджень було оцінити за допомогою термоелектричного приладу зміни температури і тепловиділення організму людини для визначення ефективності застосування епідурального адгезіолізу в лікуванні больового синдрому при дегенеративно-дистрофічних захворюваннях попереково-крижового відділу хребта. Клінічні дослідження проведено в лабораторії нейроортопедії та проблем болю ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України».

Було проведено обстеження основної групи – 11 пацієнтів у віці від 39 до 69 років з ознаками стенозу хребетного каналу на попереково-крижовому рівні, у яких був довготривалим больовий синдром, що змусило лікуючого лікаря провести їм епідуральний адгезіоліз. Чоловіків було проліковано – 4, а жінок – 7. Розподіл за віковими групами був нерівномірним: у молодому віці – 1 особа чоловічої статі, у середньому – 2 чоловіки та 1 жінка, у похилому – 1 чоловік та 6 жінок.

У приміщенні, де проводились обстеження, постійно підтримувалась температура в межах 20-22°C та відносна вологість повітря 50-60 %. Напередодні обстеження пацієнтам відміняли всі фізіотерапевтичні та зігріваючі процедури, а також протизапальні, жарознижуючі, судинорозширюючі або судинозвужуючі 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 та знежирювали поверхню шкіри сумішшю 40 %-го етилового спирту та ефіру (в пропорції 4:1). Безпосередньо перед обстеженням пацієнти проходили протягом 15-20 хвилин температурну адаптацію. У цей час вони знаходились у стані спокою, без статичного та динамічного напруження м'язів. Вимірювання теплотричних показників з поверхні шкіри пацієнта проводили у реальному часі протягом 3 хв. за допомогою термоелектричного приладу для вимірювання температури і теплових потоків. Під час вимірювань фіксували час термоадаптації (в секундах) – t (час від початку обстеження до виходу основних показників приладу на «насичення»), показники температури і густини теплового потоку на «насиченні». Термоелектричні сенсори прикладали в області хребта симетрично з двох сторін паравертебрально на рівні остистих відростків L4-L5- хребців.

Контрольну групу склали 20 осіб у віці від 23 до 62 років. Осіб чоловічої статі було 8, а жі-

ночі – 12. У молодому віці обстежено 7 чоловіків та 5 жінок, у середньому – 1 чоловіка та 6 жінок, у похилому – 1 жінку.

Як показали проведені дослідження, у осіб контрольної групи коливання основних теплотричних 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 у досліджуваних зонах. Слід зазначити, що прослідковувалась тенденція до зміни основних показників у залежності від віку, що наведено в табл. 2.

Як показали попередні дослідження, у осіб контрольної групи із віком збільшується температура шкірних покривів в паравертебральних ділянках в попереково-крижовому відділі хребта і зменшуються час виходу на «насичення» та падає величина густини теплового потоку в цих зонах.

Таблиця 2

Теплотричні показники осіб контрольної групи

| Вікові категорії | Чоловіки | | | Жінки | | |
|--|------------|-----------|-------------------------------|------------|-----------|-------------------------------|
| | t (с) | T °C | q (мВт/см ²) | t (с) | T °C | q (мВт/см ²) |
| Молодий вік $n = 12$ (ч = 7, ж = 5) | 45.3±0.3 | 34.6±0.5 | 17.1±0.1 | 41.0±0.2 | 34.3±0.6 | 19.1±0.4 |
| Середній вік $n = 7$ (ч = 1, ж = 6) | 28.1±0.3 | 35.1±0.2 | 14.8±0.5 | 36.2±1.2 | 35.1±0.9 | 14.7±0.8 |
| Похилий вік $n = 1$ (ч = 0, ж = 1) | – | – | – | 31±0.6 | 36.2±0.4 | 11.6±0.3 |

В осіб, у яких діагностовано стеноз хребетного каналу в попереково-крижовому відділі хребта на фоні дегенеративно-дистрофічних захворювань, спостерігалась наступна тенденція. У чоловіка молодого віку різко зменшився час виходу на «насичення» до 14 с (в нормі – 45.3 ± 0.3 с); знизилась температура шкірних покривів до 30.9°C (в нормі – 34.6 ± 0.5 °C); зросла величина густини теплового потоку до 45.2 мВт/см² (проти 17.1 ± 0.1 мВт/см² у осіб контрольної групи). Після проведеного епідурального адгезіолізу у нього спостерігалось зменшення всіх вихідних показників: зменшився час виходу на «насичення» до 20 с, значення температури поверхні шкіри до 29.8°C та густини теплового потоку – до 30.9 мВт/см². Це свідчить про те, що довготривалий больовий синдром привів до пригнічення діяльності симпатичного відділу нервової системи і організму потрібен тривалий час на відновлення його адаптаційних можливостей.

У чоловіка середнього віку отримані наступні результати досліджень. У пацієнта до проведення процедури відмічено зменшення часу виходу на насичення до 20 с і 9 с відповідно (у особи контрольної групи – 28.1 с), зниження температури поверхні шкіри в паравертебральних ділянках до 27.5°C та 30.9°C (проти 35.1°C в контролі). На цьому фоні у одного чоловіка зменшилась величина густини теплового потоку до 6.8 мВт/см² (в контролі цей показник складав 14.8 мВт/см²). Такий феномен можна пояснити вираженими ознаками застою у венозних

сплетіннях епідурального простору. Після проведення епідурального адгезіолізу у цих пацієнтів зростали показники температури на 6.6°C та 5.1°C , зростали величини густини теплового потоку на 5 мВт/см^2 та 28 мВт/см^2 . У одного пацієнта на 4.4 с зростав час до початку появи «насичення», у іншого – зменшувався на 2 с, що можна пояснити ступенем збереження терморецепторів всередині епідурального простору внаслідок довготривалого больового синдрому. У жінки середнього віку зберігалась аналогічна тенденція стосовно часу виходу на «насичення» (14 с проти $36.2 \pm 1.2\text{ с}$ у контролі), зменшення показників температури (29.0°C проти $35.1 \pm 0.9^{\circ}\text{C}$ в контролі). Аналогічно зменшувалися показники густини теплового потоку: 10.5 мВт/см^2 проти 14.7 мВт/см^2 . Після проведеної маніпуляції у жінки через п'ять днів зафіксована незначна тенденція до зростання показників температури шкірних покривів у паравертебральній ділянці на 0.4°C та значне зростання густини теплового потоку на 19.7 мВт/см^2 . Зростав час виходу значень на «насичення» до 38 с після проведеної процедури. Такі зміни можна пояснити особливостями нейроендокринних зрушень у осіб жіночої статі в цьому віці.

У похилому віці осіб чоловічої статі, яким проводився епідуральний адгезіоліз, не було обстежено. У вказаній віковій категорії було обстежено 6 жінок. Отримані наступні результати. У всіх жінок різко зменшувався час від початку обстеження до виходу на «насичення» ($15.0 \pm 0.3\text{ с}$ проти 31 с у особи контрольної групи). Зменшувалися температурні показники в цій ділянці ($31.9 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ в основній групі проти 36.2°C у особи контрольної групи), зростала величина густини теплового потоку до $23.4 \pm 2.4\text{ мВт/см}^2$ проти 11.6 мВт/см^2 у жінки в групі контролю. Отримані дані могли засвідчити про те, що у жінок з тривалим больовим синдромом на фоні стенозу хребетного каналу при дегенеративно-дистрофічних захворюваннях попереково-крижового відділу хребта в похилому віці активізується діяльність симпатичного відділу вегетативної нервової системи на фоні пригнічення активності парасимпатичного відділу внаслідок тривалого венозного застою в цій ділянці хребта. Після проведеної маніпуляції (епідуральний адгезіоліз) час виходу на «насичення» теплових показників суттєво не змінювався. Спостерігалась тенденція до нормалізації показників температури в цій віковій групі (температура зростала на $2.54 \pm 0.9^{\circ}\text{C}$ у порівнянні з першим днем обстеження), а також різке зростання величини густини теплового потоку після проведеної процедури (густина теплового потоку складала $54.2 \pm 2.4\text{ мВт/см}^2$). Це могло свідчити, що у осіб похилого віку, внаслідок тривалого захворювання спостерігається різке пригнічення парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи і на його відновлення потрібен більш тривалий час, ніж у осіб більш молодших груп.

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.

Слід зазначити, що автори даної праці є першовідкривачами в нейроортопедії вказаного методу обстеження пацієнтів і для підтвердження достовірності отриманих результатів попередніх клінічних досліджень необхідно набрати більші за чисельністю основну і контрольну групи та провести аналогічні дослідження для більшої кількості пацієнтів, що і буде метою подальших досліджень у цьому напрямку.

Висновки

1. Розроблено двоканальний термоелектричний прилад для вимірювання температури і густини теплових потоків, який має можливість збереження, обробки і візуалізації

- результатів вимірювань на дисплеї приладу та персональному комп'ютері в режимі реального часу.
2. На основі проведених попередніх клінічних досліджень встановлено, що розроблений термоелектричний прилад дає можливість діагностувати запальні процеси, зокрема за наявності неврологічних проявів остеохондрозу хребта, та визначати ефективність застосування епідурального адгезіолізу в лікуванні больового синдрому за наявності дегенеративно-дистрофічних захворювань попереково-крижового відділу хребта.
 3. Запропонований прилад є перспективним для моніторингу температурного та теплового стану людини у реальному часі, що дає можливість виявляти на ранніх стадіях запальні процеси, різноманітні захворювання та проводити експрес-діагностику під час масового огляду пацієнтів.

Література

1. Веселовский В. П. Диагностика синдромов остеохондроза позвоночника / В. П. Веселовский, М. К. Михайлов, О. Ш. Самитов. – Казань : Изд-во Казанского ун-та, 1990. – 288 с.
2. Гиоев П. М. Комплексное лечение заболеваний поясничного отдела позвоночника / П.М. Гиоев. – СПб : ИПТП, 2003. – 248 с.
3. Епифанов В. А. Остеохондроз позвоночника (диагностика, лечение, профилактика) / В. А. Епифанов, И. С. Ролик, А. В. Епифанов. – М., 2000. – 339 с.
4. Жук П. М. Остеохондроз позвоночника. Лечение и профилактика / П. М. Жук, И. Н. Стельмах, А. З. Нычик. – К. : Книга-плюс, 2003. – 140 с.
5. Инвалидность вследствие остеохондроза позвоночника и неиспользованные резервы в ее профилактике / Д.А. Яременко, Е.Г. Шевченко, И.В. Голубева [и др.] //Ортопедия, травматология и протезирование. – 2006. – №4. – С. 63 – 67.
6. Попелянский Я. Ю. Болезни периферической нервной системы (руководство для врачей) / Я. Ю. Попелянский. – М. : Медицина, 1989. – 464 с.
7. Мачерет Є. Л. Остеохондроз поперекового відділу хребта, ускладнений грижами дисків / Є. Л. Мачерет, І. Л. Довгий, О. О. Коркушко. – К. : Три крапки, 2006. – Т. І. – С. 152 – 167.
8. Коган О. Г. Методологические основы диспансеризации при заболеваниях нервной системы / О. Г.Коган, И. Р. Шмидт, А. А. Толстокоров. – Новосибирск, 1983. –198 с.
9. Колосова Т. В. Особенности комплексной терапии вертеброгенных болевых синдромов пояснично-крестцовой области / Т. В. Колосова, Ю. И. Головченко // Міжнародний неврологічний журнал. – 2009. – №3. – С. 89 – 95.
10. Федосеев С.В. Нестабильность позвоночника: современные методы диагностики и лечения, стандартизация диагностических и лечебно-профилактических мероприятий. // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2005. – №1. – С. 98 – 103.
11. Лиев А.А. Вертеброневрология: становление, проблемы, перспективы / А.А. Лиев // Міжнародний неврологічний журнал. – 2009. – № 3. – С.12 – 17.
12. Ходарев С. В. Принципы и методы лечения больных с вертеброневрологической патологией: Учеб. пособие / С. В. Ходарев, С. В. Гавришев, В. В. Молчановский [и др.] // – Ростов-на-Дону : Феникс, 2001. – 607 с.
13. Юрик О.Є. Неврологічні прояви остеохондрозу: патогенез, клініка, лікування / О. Є. Юрик. – К. : Здоров'я, 2001. – 344 с.
14. Анатычук Л.И. Термоэлементы и термоэлектрические устройства: Справочник. – К.: Наукова думка, 1979. – 786 с.

15. Термоелектрический полупроводниковый тепломер / Анатичук Л.И., Лозинский Н.Г., Микитюк П.Д., Розвер Ю.Ю. Приборы и техника эксперимента. – 1983. – № 5. – С. 236.
16. Анатичук Л.И., Булат Л.П., Гуцал Д.Д., Мягкота А.П. Термоелектрический тепломер // Приборы и техника эксперимента. – 1989. – №4. – С. 248.
17. Ладыка Р.Б. Полупроводниковые тепломеры в диагностике и лечении заболеваний суставов / Ладыка Р.Б., Москаль Д.Н., Дидух В.Д. // Медицинская техника. – 1992. – №6. – С. 34 – 35.
18. Применение полупроводниковых тепломеров в диагностике и лечении / Ладыка Р.Б., Дакалюк О.Н., Булат Л.П., Мягкота А.П. // Медицинская техника. – 1996. – №6. – С. 36-37.
19. Демчук Б.М., Кушнерик Л.Я., Рубленик І.М. Термоелектричні датчики для ортопедії // Термоелектрика. – 2002. – №4. – С. 80-85.
20. Пат. 53104 А Україна, МПК Н01L 35/00. Датчик для попередньої діагностики запальних процесів молочних залоз / Ашеулов А.А., Клепиковський А.В., Кушнерик Л.Я., Раренко А.І., Черченко В.І.; Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича. – № u2002031955; заявл. 12.03.2002; опубл. 15.01.2003, Бюл. № 1.
21. Ашеулов А.А. Термоелектрический прибор для медико-биологической экспресс-диагностики / Ашеулов А.А., Кушнерик Л.Я. // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – №4. – 2004. – С. 38 – 39.
22. Анатичук Л.И., Кобилянський Р.Р. Термоелектрические преобразователи для градиентных тепломеров // Доклады XIII Межгосударственного семинара “Термоелектрики и их применения” 13-14 ноября 2012 г. – Санкт-Петербург, Россия. – с. 440 – 444.
23. Анатичук Л.І., Кобилянський Р.Р., Константинович І.А. Градування термоелектричних сенсорів теплового потоку // Труды XV Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та електронні технології» 26-30 травня 2014 року. – Т. 2. – Одеса, Україна. – 2014. – С. 30 – 31.
24. Кобилянський Р.Р., Бойчук В.В. Використання термоелектричних тепломірів у медичній діагностиці // Науковий вісник Чернівецького університету: збірник наук. праць. Фізика. Електроніка. – Т. 4, Вип. 1. – Чернівці: Чернівецький національний університет, 2015. – С. 90 – 96.
25. Гищук В.С. Електронний реєстратор сигналів сенсорів теплового потоку людини / Гищук В.С // Термоелектрика. – № 4. – 2012. – С. 105 – 108.
26. Гищук В.С. Електронний реєстратор з обробкою сигналів термоелектричного сенсора теплового потоку / Гищук В.С // Термоелектрика. – № 1. – 2013. – С. 82 – 86.
27. Гищук В.С Модернізований прилад для вимірювання теплових потоків людини / Гищук В.С // Термоелектрика. – № 2. – 2013. – С. 91 – 95.
28. Термоелектричний прилад для вимірювання температури і густини теплового потоку "АЛТЕК-10008" / Анатичук Л.І., Івашук О.І., Кобилянський Р.Р., Постевка І.Д., Бодяка В.Ю., Гушул І.Я. // Термоелектрика. – № 1. – 2016. – С.76 – 84.

Надійшла до редакції 26.06.2017

Анатичук Л.І.^{1,2} *ак. НАН України,*
Юрик О.Є.³ *док. мед. наук,* **Кобылянський Р.Р.**^{1,2} *канд. физ.-мат. наук,*
Рой І.В.³ *док. мед. наук,* **Фищенко Я.В.**³ *канд. мед. наук,*
Слободянюк Н. П.³, **Юрик Н.Є.**³, **Дуда Б.С.**³

¹Інститут термоелектрики НАН і МОН України, вул. Науки, 1,
Чернівці, 58029, Україна, *e-mail: anatyck@gmail.com;*

²Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
вул. Коцюбинського 2, Чернівці, 58012, Україна
e-mail: anatyck@gmail.com

³ДУ «Інститут травматології і ортопедії НАМН України»,
ул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна
e-mail: info@into.gov.ua

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИБОР ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ И НЕВРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЯВЛЕНИЙ ОСТЕОХОНДРОЗА ПОЗВОНОЧНИКА ЧЕЛОВЕКА

В работе приведены результаты разработки термоэлектрического прибора, который предназначен для одновременного измерения температуры и плотности тепловых потоков поверхности тела человека контактным способом. Разработано специализированную компьютерную программу "Термомонитор" для обработки результатов измерений, их накопления и воспроизведения в заданном виде на персональном компьютере, которая дает возможность осуществлять мониторинг температурного и теплового состояния человека в реальном времени. Приведены особенности конструкции прибора, его технические характеристики и результаты предварительных клинических испытаний.

Ключевые слова: термоэлектрический сенсор, плотность теплового потока, температура, воспалительные процессы организма человека, остеохондроз позвоночника.

L. I. Anatyckuk^{1,2} *acad. National Academy of Sciences of Ukraine,*
O. Ye. Yuryk³, **R. R. Kobylanskyi**^{1,2}, *Candidate Phys.-math. Sciences*
I. V. Roi³, **Ya. V. Fishchenko**³, **N. P. Slobodianiuk**³,
N. Ye. Yuryk³, **B. S. Duda**³

¹Institute of Thermoelectricity of the NAS and MES of Ukraine,
1, Nauky str, Chernivtsi, 58029, Ukraine; *e-mail: anatyck@gmail.com*

²Yu.Fedkovych Chernivtsi National University,
2, Kotsiubynskiyi str., Chernivtsi, 58012, Ukraine, *e-mail: anatyck@gmail.com*

³State Institution "Institute of Traumatology and Orthopedics of
the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine
e-mail: info@into.gov.ua

THERMOELECTRIC DEVICE FOR THE DIAGNOSIS OF INFLAMMATORY PROCESSES AND NEUROLOGICAL MANIFESTATIONS OF VERTEBRAL OSTEOCHONDROSIS

The paper presents the results of development of a thermoelectric device intended for simultaneous measurement of temperature and heat flow density on the surface of the human body by contact method. A specialized computer program "TermoMonitor" was developed for processing measurement results, their accumulation and reproduction in given form on a personal computer which makes it possible to monitor the temperature and thermal state of a person in real time. Structural features of the device, its technical characteristics and the results of preliminary clinical trials are presented. Bibl. 28, Fig. 3, Table 2.

Key words: thermoelectric sensor, heat flow density, temperature, inflammatory processes of the human body, vertebral osteochondrosis.

REFERENCES

1. Veselovsky V.P., Mikhailov M.K., Samitov O.Sh (1990). *Diagnostika sindromov osteokhondroza pozvonochnika [Diagnostics of vertebral osteochondrosis syndromes]*. Kazan: Izdatelstvo Kazanskoho Universiteta [in Russian].
2. Gioiev P.M. (2003). *Kompleksnoie lechenie zabolevanii poiasnichnogo otdela pozvonochnika [Comprehensive treatment of lumbar spine diseases]*. St-Petersburg: IPTP [in Russian].
3. Yepifanov V.A., Rolik I.S., Yepifanov A.V. (2000). *Osteokhondroz pozvonochnika (diagnostika, lecheniie, profilaktika) [Vertebral osteochondrosis (diagnostics, therapy, prophylaxis)]*. Moscow (in Russian).
4. Zhuk P.M., Stelmakh I.N., Nychik A.Z. (2003). *Osteokhondroz pozvonochnika. Lecheniie i profilaktika [Vertebral osteochondrosis. Therapy and prophylaxis]*. Kyiv: Kniga-plus [in Russian].
5. Yaremenko D.A., Shevchenko Ye.G., Golubeva I.V., et al (2006). Invalidnost vsledstviie osteokhondroza pozvonochnika i neispozonannyye rezervy v yeio profilaktike [Disability due to vertebral osteochondrosis and unused reserves in its prophylaxis]. *Ortopediia, travmatologiya i protezirovaniie – Orthopaedics, Traumatology and Prosthetics*, 4, 63-67 [in Russian].
6. Popelianskyi Ya.Yu. (1989). *Bolezni periphericheskoi nervnoi sistemy (rukovodstvo dlia vrachei) [Peripheral nervous system disease (manual for physicians)]*. Moscow: Meditsina [in Russian].
7. Macheret Ye.L., Dovhyi I.L., Korkushko O.O. (2006). *Osteokhondroz poperekovoho viddilu khrebt, uskladnenyi hryzhamy dyskiv. T.I [Lumbar spine osteochondrosis complicated by diskal hernias. Vol.I]*. Kyiv: Try krapky [in Ukrainian].
8. Kogan O.G., Shmidt I.R., Tolstikorov A.A. (1983). *Metodologicheskiie osnovy dispanserizatsii pri zabolevaniiah nervnoi sistemy [Methodological basis for prophylactic medical examination in nervous system diseases]*. Novosibirsk [in Russian].
9. Kolosova T.V., Golovchenko Yu.I. (2009). Osobennosti kompleksnoi terapii vertebrogennykh bolevykh sindromov poiasnicno-krestzovoi oblasti [Features of complex therapy of vertebrogenic pain syndromes of the lumbosacral region]. *Mizhnarodnyi nevrologichnyi zhurnal - International Neurological Journal*, 3, 89-95 [in Russian].
10. Fedoseiev S.V. (2005). Nestabilnost pozvonochnika: sovremennyye metody diagnostiki i lecheniia, standartizatsiia diagnosticheskikh i lechebno-profilakticheskikh meropriiatii [Spine instability:

- modern methods of diagnostics and therapy, standardization of diagnostic and therapeutic and prophylactic measures]. *Ortopediia, travmatologiya i protezirovaniie – Orthopaedics, Traumatology and Prosthetics*, 1, 98-103 [in Russian].
11. Liiev A.A. (2009). Vertebro-nevrologiia: stanovleniie, problem, perspektivy [Vertebral neurology: generation, problems, prospects]. *Mizhnarodnyi nevrologichnyi zhurnal - International Neurological Journal*, 3, 12-17 [in Russian].
 12. Khodarev S.V., Gavrishchev S.V., Molchanovskii V.V. et al. (2001). *Printsipy i metody lecheniia bolnykh s vertebro-nevrologicheskoi patologiiei: uchebnoie posobie [Principles and methods for treatment of patients with vertebral neurology: manual]*. Rostov-on-Don: Feniks [in Russian].
 13. Yuryk O.Ye. (2001). *Nevrologichni proiavy osteokhondrozu: patogenez, klinika, likuvannia [Neurological manifestations of osteochondrosis: pathogenesis, clinic, treatment]*. Kyiv: Zdorovia [in Ukrainian].
 14. Anatyshchuk L.I. (1979). *Termoelementy i termoelektricheskie ustroistva: spravochnik [Thermoelements and thermoelectric devices: handbook]*. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
 15. Anatyshchuk L.I., Lozinsky N.G., Mikityuk P.D., Rozver Yu.Yu. (1983). Termoelektricheskiy poluprovodnikovyy teplomer [Thermoelectric semiconductor heat flow meter]. *Pribory i tekhnika eksperimenta – Instruments and Experimental Techniques*, 5, 236 [in Russian].
 16. Anatyshchuk L.I., Bulat L.P., Gutsal D.D., Miagkota A.P. (1989). Termoelektricheskiy teplomer [Thermoelectric heat flow meter]. *Pribory i tekhnika eksperimenta – Instruments and Experimental Techniques*, 4, 248. [in Russian].
 17. Ladyka R.B., Moskal D.N., Didukh V.D. (1992). Poluprovodnikovyye teplomery v diagnostike i lechenii zabolevaniy sustavov [Semiconductor heat flow meters in diagnostics and treatment of joint diseases]. *Meditsinskaya tekhnika – Biomedical Engineering*, 6, 34-35 [in Russian].
 18. Ladyka R.B., Dakalyuk O.N., Bulat L.P., Miagkota A.P. (1996). Primeneniie poluprovodnikovykh teplomerov v diagnostike i lechenii [The use of semiconductor heat flow meters in diagnostics and therapy]. *Meditsinskaya tekhnika – Biomedical Engineering*, 6, 36-37 [in Russian].
 19. Demchuk B.M., Kushneryk L.Ya., Rublenyk I.M. (2002). Termoelektrychni datchyky dlia ortopedii [Thermoelectric sensors for orthopaedics]. *Termoelektryka- J. Thermoelectricity*, 4, 80-85.
 20. *Patent of Ukraine 53104 A*. (2003). Sensor for preliminary diagnostics of inflammatory processes in mammary glands. Ashcheulov A.A., Klepikovskiy A.V., Kushneryk L.Ya., Rarenko A.I., Cherchenko V.I. [in Ukrainian].
 21. Ashcheulov A.A., Kushneryk L.Ya. (2004). Termoelektricheskiy pribor dlia mediko-biologicheskoi ekspres-diagnostiki [Thermoelectric device for medico-biological express-diagnosics]. *Tekhnologiya i konstruirovaniie v elektronnoi apparature – Technology and Design in Electronic Equipment*, 4, 38-39 [in Russian].
 22. Anatyshchuk L.I., Kobylianskyi R.R. (2012). Termoelektricheskie preobrazovateli dlia gradientnykh teplomerov [Thermoelectric converters for gradient heat flow meters]. *Reports to XIII Interstate Workshop “Thermoelectrics and their applications”*. (Saint-Petersburg, November 13-14, 2012) (pp.440-444) [in Russian].
 23. Anatyshchuk L.I., Kobylianskyi R.R., Konstantinovich I.A. (2014). Hraduiuvannia termoelektrychnykh sensoriv teplovoho potoku [Calibration of thermoelectric heat flow sensors]. *Proc. of XV International scientific and practical conference “Modern information and electronic technologies”*. Vol.2. (Odessa, May 26-30, 2014) (pp.30-31) [in Ukrainian].

24. Kobylianskyi R.R., Boichuk V.V. (2015). Vykorystannia termoelektrychnykh teplimiriv u medychnii diagnostytsi [The use of thermoelectric heat flow meters in medical diagnostics]. *Naukovyi visnyk Chernivetskoho universitetu: zbirnyk naukovykh prats. Fyzyka.Elektronika – Scientific Bulletin of Chernivtsi University: Collection of Scientific papers. Physics. Electronics*, 4(1), 90-96. Chernivtsi: Chernivtsi National University.
25. Gischuk V.S. (2012). Eletronnyi registrator sygnaliv sensoriv teplovoho potoku liudyny [Electronic recorder of signals from human heat flux sensors]. *Termoelektryka- J.Thermoelectricity*, 4, 105-108 in Ukrainian].
26. Gischuk V.S. (2013). Elektronnyi registrator z obrobkoiu sygnaliv termoelektrychnoho sensora teplovoho potoku [Electronic recorder with processing signals from heat flux thermoelectric sensor]. *Termoelektryka- J.Thermoelectricity*, 1, 82-86 [in Ukrainian].
27. Gischuk V.S. (2013). Modernizovanyi prylad dlia vymiriuvannia teplovykh potokiv liudyny [Modernized device for human heat flux measurement]. *Termoelektryka- J.Thermoelectricity*, 2, 91-95.
28. Anatyshuk L.I., Ivaschuk O.I., Kobylianskyi R.R., Postevka I.D., Bodiaka V.Yu., Guschul I.Ya. (2016). Termoelektrychnyi prylad dlia vymiriuvannia temperatury i hustyny teplovoho potoku "ALTEC-10008" [Thermoelectric device for temperature and heat flux density measurement "ALTEC-10008"]. *Termoelektryka- J.Thermoelectricity*, 1, 76-84.

Submitted 26.06.2017