

УДК 537.32, 617.559:616.71-018.3-002:616.8-008.6:612.55

Анатичук Л.І. *акад. НАН України*^{1,2}

Юрик О.Є. *докт. мед. наук*³

Страфун С.С. *докт. мед. наук, професор,
чл.-корр. НАМН України*³,

Сташкевич А.Т.³

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

Чев'юк А.Д.^{1,2}, **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 ім. Юрія Федьковича,
вул. Коцюбинського 2, Чернівці, 58000, Україна

³ГУ «Інститут травматології і ортопедії АМН України»,
Київ, Україна; e-mail: olhayuryk01@gmail.com

ТЕПЛОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ У ПАЦІЄНТІВ З ХРОНІЧНИМ БОЛЕМ У ПОПЕРЕКУ

У роботі наведено результати розробки термоелектричного приладу для діагностики запальних процесів та больового синдрому при дегенеративно-дистрофічних захворюваннях попереково-крижового відділу хребта. Такий прилад дає можливість збереження, обробки і візуалізації результатів вимірювань у режимі реального часу. Наведено результати попередніх клінічних досліджень, зокрема визначення теплометричних 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. Підтверджено ефективність застосування запропонованого термоелектричного приладу у медичній практиці. Бібл. 33, рис. 2, табл. 3.

Ключові слова: густина теплового потоку, температура, теплометричні показники, остеохондроз хребта, термоелектричний прилад.

Вступ

Загальна характеристика проблеми. Дегенеративно-дистрофічні патології 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, невинним 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 являються 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 сучасні методи діагностики та лікування цього захворювання [1 – 5].

В ДУ "Інститут травматології та ортопедії НАМН України" встановлено [6 – 10], що визначення патофізіологічних механізмів виникнення болю в спині на основі клініко-параклінічних методів обстеження хворого – це головний крок до призначення найбільш ефективної і безпечної терапії та прогнозування перебігу захворювання. Найчастішою причиною болю в попереку є грижа диска – захворювання опорно-рухового апарату, яке виникає внаслідок розриву фіброзного кільця міжхребцевого диска (верхньої оболонки диска) і видавлювання назовні частини пульпозного кільця (внутрішньої частини диска). Основні клінічні ознаки грижі міжхребцевого диска можуть проявлятися окремо або в поєднанні з наступними синдромами: локальний біль (люмбалгія), відображений біль (люмбоішіалгія), корінцевий синдром (радикулопатія), синдром ураження спинного мозку (мієлопатія).

Розвиток сучасних методів діагностики, таких як магнітно-резонансна, комп'ютерна томографія, дозволяє визначити рівень, локалізацію грижі або протрузії міжхребцевого диска. Сьогодні існує вже багато робіт [11 – 13], в яких було показано відсутність прямого зв'язку між наявністю або ступенем вираженості дегенеративно-дистрофічних змін в хребті та наявністю або інтенсивністю больового синдрому в спині. Тобто існує нагальна проблема вивчення інших периферичних механізмів, які викликають біль у спині. Абсолютно не вивчені механізми виникнення болю в спині в перші години/дні його виникнення при дегенеративно-дистрофічній патології хребта, особливо в його попереково-крижовому відділі, що найбільш часто зустрічається у клінічній практиці невролога та ортопеда. Медична практика потребує також впровадження нових високоінформативних, портативних приладів функціональної діагностики, які б дозволили вже в перші години/дні розкрити характер неврологічних ушкоджень при дегенеративно-дистрофічній патології хребта та оцінити ступінь прояву болю при цій патології [14 – 17].

Перспективними для дослідження локальних тепловиділень людини є напівпровідникові термоелектричні сенсори теплового потоку [18 – 27], які поєднують в собі мініатюрність, високу чутливість, стабільність параметрів у широкому інтервалі робочих температур і узгоджуються із сучасною реєструючою апаратурою [28 – 31]. 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.

Тому *метою даної роботи* є дослідження теплометричних показників у пацієнтів з хронічним болем у попереку із застосуванням 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 і МОН України було розроблено термоелектричний прилад для діагностики запальних процесів та больового синдрому при дегенеративно-дистрофічних захворюваннях попереково-крижового відділу хребта людини [32, 33] (рис.1). Технічні характеристики приладу наведено у табл. 1.



Рис. 1. Термоелектричний прилад для діагностики запальних процесів та больового синдрому при дегенеративно-дистрофічних захворюваннях попереково-крижового відділу хребта людини:
1 – блок керування, 2 – термоелектричний сенсор температури і теплового потоку

Таблиця 1

Технічні характеристики приладу

№	Технічні характеристики	Значення параметрів
1.	Діапазон вимірювання густини теплового потоку	$(1 \div 100) \text{ мВт/см}^2$
2.	Максимальна похибка вимірювання густини теплового потоку	5 %
3.	Діапазон робочих температур термоелектричного сенсора	$(0 \div +50) ^\circ\text{C}$
4.	Точність вимірювання температури	$\pm 0.1 ^\circ\text{C}$
5.	Кількість термоелектричних сенсорів	2
6.	Габаритні розміри термоелектричного сенсора	$(14 \times 14 \times 3) \text{ мм}$

Продовження таблиці 1

7.	Вага термоелектричного сенсора	0.020 кг
8.	Габаритні розміри блоку керування	(90 × 55 × 25) мм
9.	Вага приладу	0.150 кг
10.	Час неперервної роботи приладу	48 год

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. Також було розроблено спеціальну комп'ютерну програму "TermoMonitor" для обробки результатів вимірювань, їх накопичення і відтворення у заданому вигляді на персональному комп'ютері.

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/см²) і температури (°C).

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 ЗАПISУ" – 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 датчиком температури, аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) для перетворення аналогових сигналів сенсора у цифрові, мультиплерсор 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.

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.

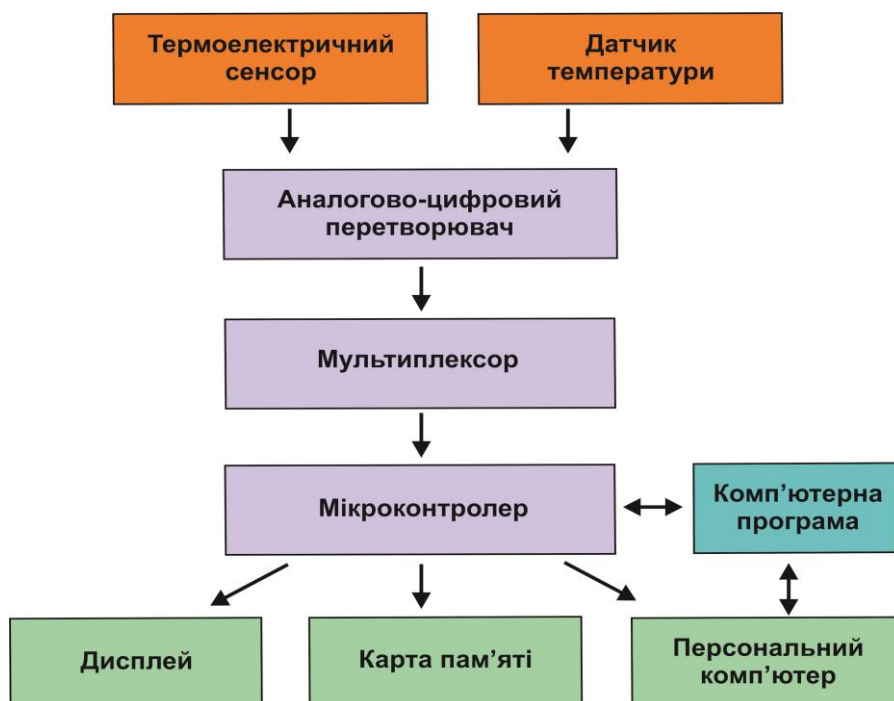


Рис. 2. Структурна схема термоелектричного приладу

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

Методи клінічних досліджень

Метою попередніх клінічних досліджень було дослідити теплометричні показники у пацієнтів з хронічним болем у попереку із застосуванням термоелектричного приладу для діагностики запальних процесів та больового синдрому при дегенеративно-дистрофічних захворюваннях попереково-крижового відділу хребта, а також підтвердити ефективність застосування такого приладу у медичній практиці. Клінічні дослідження проведено в лабораторії нейроортопедії і проблем болю та у відділі реабілітації ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України».

Об'єктом даного дослідження були 55 пацієнтів з наявністю хронічного болю у попереково-крижовій ділянці 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 І 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.

У всіх пацієнтів оцінювали рівень інтенсивності болю за допомогою вербально-аналогової шкали (ВАШ). Застосовували шкалу 100-міліметрової довжини з міліметровими поділками, яка додатково через кожні 20 мм містить слова, які характеризують інтенсивність болю: 0 – означає відсутність болю (початкова точка лінії), 20 мм – відповідає дескриптор «слабкий», 40 мм – «помірний», 60 мм – «сильний», 80 мм – «надзвичайно сильний», 100 мм – «нестерпний» (кінцева точка лінії). Інтенсивність болю оцінювали в міліметрах [10].

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 обезжирювали 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 теплометричних показників з поверхні шкіри пацієнта проводили у реальному часі протягом 3 хв. за допомогою вищевказаного термоелектричного приладу. 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 L_4 – L_5 –хребців. Окрім вимірювання теплометричних 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.

Спектральний аналіз ритму серця дозволяв виділити високочастотні дихальні хвилі (HF - high frequency), що відображають тонус парасимпатичної нервової системи, низькочастотні хвилі (LF – low frequency), що відображають стан сегментарних барорефлекторних регуляторних симпатичних механізмів та дуже низькочастотні повільні хвилі (VLF), що відображають ступінь активації церебральних ерготропних систем. Додатково також аналізували часові характеристики: для парасимпатичного відділу нервової системи (RMSSD і Pnn 50%), симпатичного відділу нервової системи (SDNN), коливання церебральних метаболічних процесів (SDANN), а співвідношення вегетативного балансу визначали за формулою такого відношення LF/HF. Обробку отриманих результатів провели за допомогою пакета комп'ютерних програм STATISTIKA 6.0.

Результати попередніх клінічних досліджень

Пацієнти І клінічної групи скаржилися на відчуття печії і болі в попереку, нижніх кінцівках, трофічні порушення. Спина у них була фіксована в зігнутому положенні. Позитивними були однобічні симптоми натягу, а у 23 % пацієнтів спостерігався перехресний симптом Ласега. Також 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 онімінням і біганням мурашок в нижніх кінцівках. Шкіра була блідою, холодною на дотик, сухою з ознаками гіперкератозу. Відмічався білий дермографізм. Вираженість больового синдрому за шкалою ВАШ складала 76.2 ± 4.1 мм.

У осіб II клінічної групи біль був тяж одностороннім, інколи в нічний час мав тенденцію до двосторонності, посилювався при згинанні чи розгинанні хребта і довготривалому сидінні, зменшувався у стані спокою. Рухи в поперековому відділі хребта були не обмежені, але болючі, особливо при згинанні. При симптомі натягу виникав 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. Інтенсивність больового синдрому за шкалою ВАШ становила 49.4 ± 3.9 мм.

У осіб контрольної групи (10 осіб) фіксувалися рівномірні показники температури та густини теплового потоку з обох сторін в межах: $T_0 = 33.2 \pm 0.5^\circ\text{C}$, $q_0 = 171.3 \pm 0.6$ мВт/см².

У осіб основної I 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 помірного зростанні температури на ушкодженій стороні. Показники температури в паравертебральній ділянці на стороні болю становили $T_1 = 34.2 \pm 1.7^\circ\text{C}$, а густини теплового потоку $q_1 = 26.8 \pm 4.9$ мВт/см² (табл. 2). На наш погляд, виникнення симптому «ножиць» у обстежених осіб можна пояснити на основі відомих експериментальних досліджень П. Веселовського (1982 р.), який виявив, що при ушкодженні периферичного нервового волокна першими страждають холодкові рецептори, яких у 2-2.5 разів більше, ніж теплових.

В II групі порівняння (16 осіб) виявлено помірне пониження густини теплового потоку та незначне підвищення температури на стороні болю. Основні теплометричні показники наступні: $T_2 = 39.8 \pm 6.3^\circ\text{C}$, $q_2 = 120.6 \pm 99.2$ мВт/см² (табл. 3).

Таблиця 2

*Параметри спектральних та часових характеристик
вегетативних судинних реакцій (ВСР) в I групі*

N = 39	M ± m	T ₁ = 34.2 ± 1.7 °C	q ₁ = 26.8 ± 4.9 мВт/см ²
		Коефіцієнт кореляції, r	
Показники (спектральні характеристики)			
VLF, мс ²	13768.07±7361.08	0.65	0.28
LF, мс ²	23417.68±14962.65	0.76	0.37

Продовження таблиці 2

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
Показники (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

Таблиця 3

*Параметри спектральних та часових характеристик
вегетативних судинних реакцій (BCP) в II групі*

N = 16	M ± m	T ₂ = 39.8 ± 6.3 °C	q ₂ = 120.6 ± 99.2 мВт/см ²
		Коефіцієнт кореляції, r	
Показники (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
Показники (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

Як показав аналіз отриманих результатів, у осіб основної I клінічної групи вираженість тривалого хронічного больового процесу зумовлена високим ступенем активності метаболічних процесів як на клітинному рівні, так і на рівні церебральних ерготропних систем; відбувається відносна активація як симпатичної, так і парасимпатичної вегетативної нервової системи. Поряд з цим, зважена комбінація лікарських препаратів сприяла утриманню зваженого вегетативного балансу між симпатичним та парасимпатичними відділами нервової системи.

Як показав кореляційний аналіз, у пацієнтів I клінічної групи зафіксовано високий ступінь кореляції з показниками коливання температури шкіри в поверхневих паравертебральних ділянках в зоні попереку. Високий ступінь кореляції спостерігався також і при вимірюванні густини теплового потоку. Але ці кореляційні зміни вказували на те, що у пацієнтів відбуваються більш вагомі зміни в глибинних нервових процесах з тенденцією до формування переважання активності парасимпатичного відділу нервової системи і на це вказувало співвідношення коефіцієнта LF/HF, коли був виявлений високий кореляційний зв'язок між цим показником та показником густини теплового потоку; достовірність складала $p < 0.05$.

В групі порівняння (II клінічна група) виявлені всі від'ємні слабкі кореляційні зв'язки між густиною теплового потоку та варіабельністю серцевого ритму, окрім показника HFp, 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.

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.

Таким чином, статистичний набір клінічного матеріалу дозволить вдосконалити методику автоматичної обробки отриманих результатів, що в перспективі дозволить впровадити запропонований термоелектричний прилад в первинну ланку медичної допомоги на рівні кабінету сімейного лікаря і автоматично встановлювати діагноз особам з неврологічними вертеброгенними розладами без застосування дороговартісних приладів променевої діагностики.

Висновки

1. Розроблено та виготовлено термоелектричний прилад для діагностики запальних процесів та больового синдрому при дегенеративно-дистрофічних захворюваннях попереково-крижового відділу хребта. Такий прилад дає можливість збереження, обробки і візуалізації результатів вимірювань у режимі реального часу.
2. На основі проведених попередніх клінічних досліджень встановлено, що визначення теплометричних показників в 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.
3. Підтверджено ефективність застосування запропонованого термоелектричного приладу у медичній практиці, що в перспективі на рівні кабінету сімейного лікаря дозволить автоматично встановлювати діагноз особам з неврологічними вертеброгенними розладами без застосування дороговартісних приладів променевої діагностики.

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. Мачерет Є.Л. Остеохондроз поперекового відділу хребта, ускладнений грижами дисків: підручник / Є.Л. Мачерет, І.Л. Довгий, О.О.Коркушко. – К.:, 2006. – Т.1. – 256 с.; Т.2. – 480 с.
11. Jensen M.P. Assessment of pain quality in chronic neuropathic and nociceptive pain clinical trials with the Neuropathic Pain Scale / M.P. Jensen, R.H. Dworkin, A.R. Gammitoni et al. // J. Pain. – 2005. – Vol. 6 (2). – P. 98-106.
12. Kovacs F.M. Vertebral endplate changes are not associated with chronic low back pain among Southern European subjects: a case control study / F.M. Kovacs, E. Arana, A. Royuela // Am. J. Neuroradiol. – 2012. – Vol. 33 (8). – P. 1519-1524.
13. Suri P. Longitudinal associations between incident lumbar spine MRI findings and chronic low back pain or radicular symptoms: retrospective analysis of data from the longitudinal assessment of imaging and disability of the back (LAIDBACK) / P. Suri, E.J. Boyko, J. Goldberg et al. //BMC Musculoskeletal Disorders. – 2014. – Vol. 15. – P. 52.
14. 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.
15. Лиев А.А. Вертеброневрология: становление, проблемы, перспективы / А.А. Лиев // Міжнародний неврологічний журнал. – 2009. – № 3. – С.12-17.
16. 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.
17. Юрик О.Є. Неврологічні прояви остеохондрозу: патогенез, клініка, лікування / О. Є. Юрик. – К. : Здоров'я, 2001. – 344 с.
18. Анатичук Л.І. Термоэлементы и термоэлектрические устройства: Справочник. – К.: Наукова

думка, 1979. – 768 с.

19. Анатичук Л.І., Лозинский Н.Г., Микитюк П.Д., Розвер Ю.Ю. Термоэлектрический полупроводниковый тепломер // Приборы и техника эксперимента. – 1983. – № 5. – С. 236.
20. Анатичук Л.І., Булат Л.П., Гуцал Д.Д., Мягкота А.П. Термоэлектрический тепломер // Приборы и техника эксперимента. – 1989. – №4. – С. 248.
21. Ладыка Р.Б., Москаль Д.Н., Дидух В.Д. Полупроводниковые тепломеры в диагностике и лечении заболеваний суставов // Медицинская техника. – 1992. – №6. – С. 34-35.
22. Ладыка Р.Б., Дакалюк О.Н., Булат Л.П., Мягкота А.П. Применение полупроводниковых тепломеров в диагностике и лечении // Медицинская техника. – 1996. – №6. – С. 36-37.
23. Демчук Б.М., Кушнерик Л.Я., Рубленик І.М. Термоелектричні датчики для ортопедії // Термоелектрика. – 2002. – №4. – С. 80-85.
24. Пат. 53104 А Україна, МПК H01L 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.
25. Ашеулов А.А., Кушнерик Л.Я. Термоэлектрический прибор для медико-биологической экспресс-диагностики // Технология в электронной аппаратуре. – №4. – 2004. – С. 38-39.
26. 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.
27. 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.
28. Гишук В.С. Електронний реєстратор сигналів сенсорів теплового потоку людини // Термоелектрика. – № 4. – 2012. – С. 105-108.
29. Гишук В.С. Електронний реєстратор з обробкою сигналів термоелектричного сенсора теплового потоку // Термоелектрика. – № 1. – 2013. – С. 82-86.
30. Гишук В.С. Модернізований прилад для вимірювання теплових потоків людини // Термоелектрика. – № 2. – 2013. – С. 91-95.
31. Анатичук Л.І., Івашук О.І., Кобилянський Р.Р., Постевка І.Д., Бодяка В.Ю., Гушул І.Я. Термоелектричний прилад для вимірювання температури і густини теплового потоку "АЛТЕК-10008" // Термоелектрика. – № 1. – 2016. – С.76-84.
32. Анатичук Л.І., Юрик О.Є., Кобилянський Р.Р., Рой І.В., Фіщенко Я.В., Слободянюк Н.П., Юрик Н.Є., Дуда Б.С. Термоелектричний прилад для діагностики запальних процесів та неврологічних проявів остеохондрозу хребта людини // Термоелектрика. – № 3. – 2017. – С. 54-67.
33. Юрик О.Є., Анатичук Л.І., Рой І.В., Кобилянський Р.Р., Фіщенко Я.В., Слободянюк Н.П., Юрик Н.Є., Дуда Б.С. Особливості теплового обміну у пацієнтів з неврологічними проявами остеохондрозу в попереково-крижовому відділі хребта // Травма. – Т.18. – № 6. – 2017.

Надійшла до редакції 18.03.2021

Анатичук Л.І., *акад. НАН України*^{1,2}
Юрик О.Є., *докт. мед. наук*³
Страфун С.С. *докт. мед. наук, професор,*
*чл.-корр. НАМН України*³,
Сташкевич А.Т.³
Кобылянський Р.Р., *канд. физ.-мат. наук*^{1,2}
Чев'юк А.Д.^{1,2}, **Юрик Н.Є.**³, **Дуда Б.С.**³

¹Інститут термоелектричества НАН і МОН України,
ул. Науки, 1, Черновці, 58029, Україна,
e-mail: anatyck@gmail.com;

²Черновицький національний університет
ім. Юрія Федьковича, ул. Коцюбинського, 2,
Черновці, 58012, Україна;

³ГУ «Інститут травматології і ортопедії АМН України»,
Київ, Україна, *e-mail: olhayuryk01@gmail.com*

ТЕПЛОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ У ПАЦИЕНТОВ С ХРОНИЧЕСКОЙ БОЛЬЮ В ПОЯСНИЦЕ

В работе приведены результаты разработки термоэлектрического прибора для диагностики воспалительных процессов и болевого синдрома при дегенеративно-дистрофических заболеваниях пояснично-крестцового отдела позвоночника. Такой прибор дает возможность хранения, обработки и визуализации результатов измерений в режиме реального времени. Приведены результаты предыдущих клинических исследований, в частности определение теплометрических показателей в пояснично-крестцовой области позвоночника у лиц с хроническим болевым синдромом на фоне дегенеративно-дистрофических патологий позвоночника при наличии грыж и протрузий межпозвонковых дисков. Подтверждена эффективность применения предложенного термоэлектрического устройства в медицинской практике. Библ. 33, рис. 2, табл. 3.

Ключевые слова: плотность теплового потока, температура, теплометрические показатели, остеохондроз позвоночника, термоэлектрический прибор.

Anatychuk L.I. *acad. National Academy*
of Sciences of Ukraine^{1,2}
Yuryk O.E. *doc. med. sciences*³,
Strafun S.S. *doc. med. sciences, professor, National Academy*
*of medical sciences of Ukraine*³,
Stashkevych A.T.³,
Kobylianskyi R.R. *cand. phys.-math. sciences*^{1,2}
Cheviuk A.D.^{1,2}, **Yuryk N.E.**³, **Duda B.S.**³

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

²Yu.Fedkovych Chernivtsi National University,
2, Kotsiubynskyi str., Chernivtsi, 58012, Ukraine;

³State Institution "Institute of Traumatology and Orthopedics of the National
Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine,
e-mail: olhayuryk01@gmail.com

THERMOMETRIC INDICATORS IN PATIENTS WITH CHRONIC LOWER BACK PAIN

The paper presents the results of the development of a thermoelectric device for the diagnosis of inflammatory processes and pain syndrome in degenerative-dystrophic diseases of the lumbosacral spine. Such a device makes it possible to store, process and visualize measurement results in real time. The results of preliminary clinical trials are presented, in particular, the determination of thermometric indicators in the lumbosacral region of the spine in persons with chronic pain syndrome against the background of degenerative-dystrophic pathology of the spine in the presence of hernias and protrusions of intervertebral discs. The effectiveness of using the proposed thermoelectric device in medical practice has been confirmed. Bibl. 33, fig. 2, tabl. 3.

Key words: heat flux density, temperature, thermometric indicators, spinal osteochondrosis, thermoelectric device.

References

1. Veselovskiy V.P, Mikhailov M.K., Samitov O.Sh. (1990). *Diagnostika sindromov osteokhondroza pozvonochnika [Diagnostics of the spinal osteochondrosis syndromes]*. Kazan: Kazan University Publ. [in Russian].
2. Gioiev P.M. (2003). *Kompleksnoie lecheniie zabolevanii poiasnichnogo otдела pozvonochnika [Complex treatment of diseases of the lumbar spine]*. St-Petersburg: ITP [in Russian].
3. Yepifanov V.A., Rolik I.S., Yepifanov A.V. (2000). *Osteokhondroz pozvonochnika (diagnostika, lecheniie, profilaktika [Spinal osteochondrosis (diagnosis, treatment, prevention)]*. Moscow [in Russian].
4. Zhuk P.M., Stelmakh I.N., Nychik A.Z. (2003). *Osteokhondroz pozvonochnika. Lecheniie i profilaktika [Spinal osteochondrosis. Treatment and prevention]*. Kiev: Kniga-plus [in Russian].
5. Yaremenko D.A., Shevchenko E.G., Golubeva I.V. et al. (2006). Disability due to spinal osteochondrosis and unused reserves in its prevention. *Orthopaedics, Traumatology and Prosthetics*, 4, 63-67.
6. Popelianskiy Ya. Yu. (1989). *Bolezni perifericheskoi nervnoi sistemy (rukovodstvo dlia vrachei) [Diseases of the peripheral nervous system (a guide for doctors)]*. Moscow: Meditsina [in Russian].
7. Macheret E.L., Dovhyi I.L., Korkushko O.O. (2006). Osteokhondroz poperekovoho viddilu khrebta, uskladnenyi hryzhamy dyskiv. T.I. [Osteochondrosis of the lumbar spine, complicated by disc herniation. Vol. I.] Kyiv: Try krapky [in Ukrainian].
8. Kogan O.G., Shmidt I.R., Tolstokorov A.A. (1983). *Metodologicheskiye osnovy dispanserizatsii pri zabolevaniyakh nervnoi sistemy [Methodological foundations of clinical examination for diseases of the nervous system]*. Novosibirsk [in Russian].

9. Kolosova T.V., Golovchenko Yu.I. (2009). Features of the complex therapy of vertebrogenic pain syndromes of the lumbosacral region. *International Neurological Journal*, 3, 89-95.
10. Macheret E.L., Dovhyi I.L., Korkushko O.O. (2006). *Osteokhondroz poperekovoho viddilu khrebt, uskladnenyi hryzhamy dyskiv: pidruchnyk [Osteochondrosis of the lumbar spine, complicated by disc herniation: textbook]*. Kyiv. Vol.1. – 256 p.; Vol.2. – 480 p. [in Ukrainian].
11. Jensen M.P., Dworkin R.H., Gammaitoni A.R. (2005). Assessment of pain quality in chronic neuropathic and nociceptive pain clinical trials with the Neuropathic Pain Scale. *J. Pain*, 6 (2), 98-106.
12. Kovacs F.M., Arana E., Royuela A. (2012). Vertebral endplate changes are not associated with chronic low back pain among Southern European subjects: a case control study. *Am. J. Neuroradiol.*, 33 (8), 1519-1524.
13. Suri P., Boyko E.J., Goldberg J. et al. (2014). Longitudinal associations between incident lumbar spine MRI findings and chronic low back pain or radicular symptoms: retrospective analysis of data from the longitudinal assessment of imaging and disability of the back (LAIDBACK). *BMC Musculoskeletal Disorders*, 15, 52.
14. Fedoseiev S.V. (2005). Spinal instability: modern methods of diagnosis and treatment, standardization of diagnostic and treatment-and-prophylactic measures. *Orthopaedics, Traumatology and Prosthetics*, 1, 98-103.
15. Liev A.A. (2009). Vertebro-neurology: formation, problems, prospects. *International Neurological Journal*, 3, 12-17.
16. Khodarev S.V., Gavrishev S.V., Molchanovskiy V.V. et al. (2001). *Printsypy i metody lecheniia bolnykh s vertebro-nevrologicheskoi patologiei: uchebnoie posobiie [Principles and methods of treatment of patients with vertebral neurological pathology: textbook]*. Rostov on Don: Feniks [in Russian].
17. Yurik O.E. (2001). *Nevrologichni proiavy osteokhondrozu: patogenez, klinika, likuvannia [Neurological manifestations of osteochondrosis: pathogenesis, clinic, treatment]*. Kyiv: Zdorovia [in Ukrainian].
18. Anatyshuk L.I. (1979). *Termoelementy i termoelektricheskie ustroistva: spravochnik [Thermoelements and thermoelectric devices: handbook]*. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
19. Anatyshuk L.I., Lozinskiy N.G., Mykytiuk P.D., Rozver Yu.Yu. (1983). Termoelektricheskii poluprovodnikovyi teplomer [Thermoelectric semiconductor heat meter]. *Pribory i Tekhnika Eksperimenta – Instruments and Experimental Techniques*, 5, 236 [in Russian].
20. Anatyshuk L.I., Bulat L.P., Gutsal D.D., Miagkota A.P. (1989). Termoelektricheskii teplomer [Thermoelectric heat meter]. *Pribory i Tekhnika Eksperimenta - Instruments and Experimental Techniques*, 4, 248 [in Russian].
21. Ladyka R.B., Moskal D.N., Didukh V.D. (1992). Poluprovodnikovye teplomery v diagnostike i lechenii zabolevaniy sustavov [Semiconductor heat meters in the diagnosis and treatment of joint diseases]. *Meditssinskaia tekhnika – Biomedical Engineering*, 6, 34-35 [in Russian].
22. Ladyka R.B., Dakaliuk O.N., Bulat L.P., Miagkota A.P. (1996). Primeneniye poluprovodnikovykh teplomerov v diagnostike i lechenii [Application of semiconductor heat meters in diagnostics and treatment] - *Biomedical Engineering*, 6, 36-37 [in Russian].
23. Demchuk B.M., Kushneryk L.Ya., Rublenyk I.M. (2002). Thermoelectric sensors for orthopedics. *J. Thermoelectricity*, 4, 80-85.
24. *Patent of Ukraine 53104 A* (2003). Ashcheulov A.A., Klepikovskiy A.V., Kushneryk L.Ya., Rarenko A.I., Cherchenko V.I. Sensor for preliminary diagnosis of inflammatory processes of the

- mammary glands [in Ukrainian].
26. Ashcheulov A.A., Kushneryk L.Ya. (2004). Termoelektricheskiy pribor dlia mediko-biologicheskoi ekspress-diagnostics [Thermoelectric device for medical and biological express diagnostics]. *Tekhnologiya i Konstruirovaniye v Elektronnoi Apparature*, 4, 38-39 [in Russian].
 27. Anatyshuk L.I., Kobylianskyi R.R., Konstantynovych I.A. (2014). Hraduiuvannia termoelektrychnykh sensoriv teplovoho potoku [Calibration of thermoelectric heat flow sensors]. *Pratsi XV Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii "Suchasni informatsiini ta elektronni tekhnologii"* – Proc. of XV International scientific and practical conference "Modern Information and Electronic Technologies" (Ukraine, Odesa, May 26-30, 2014. (Vol. 2, pp. 30-31) [in Ukrainian].
 28. Kobylianskyi R.R., Boichuk V.V. (2015). Vykorystannia termoelektrychnykh teplomiriv u medychnii diagnostytsi [Use of thermoelectric heat meters in medical diagnostics]. *Naukovy visnyk Chernivetskoho Universytetu. Fizyka. Elektronika – Scientific Bulletin of Chernivtsi University. Physics. Electronics*, 4(1), 90-96.
 29. Gischuk V.S. (2012). Electronic recorder of signals from human heat flux sensors. *J. Thermoelectricity*, 4, 105-108.
 30. Gischuk V.S. (2013). Electronic recorder with processing signals from heat flux thermoelectric sensor. *J. Thermoelectricity*, 1, 82-86.
 31. Gischuk V.S. (2013). Modernized device for human heat flux measurements. *J. Thermoelectricity*, 2, 91-95.
 32. Anatyshuk L.I., Ivaschuk O.I., Kobylianskyi R.R., Postevka I.D., Bodiaka V.Yu., Gushul I.Ya. (2016). Thermoelectric device for temperature and heat flux density measurement "ALTEC-10008". *J. Thermoelectricity*, 1, 76-84.
 33. Anatyshuk L.I., Yuryk O.E., Kobylianskyi R.R., Roi I.V., Fischenko Ya.V., Slobodianiuk N.P., Yuryk N.E., Duda B.S. (2017). Thermoelectric device for the diagnosis of inflammatory processes and neurological manifestations of human vertebral osteochondrosis. *J. Thermoelectricity*, 3, 54-67.
 34. Yuryk O.E., Anatyshuk L.I., Roi I.V., Kobylianskyi R.R., Fischenko Ya.V., Slobodianiuk N.P., Yuryk N.E., Duda B.S. (2017). Osoblyvosti teplovoho obminu u patsientiv z nevrologichnymy proiavamy osteokhondrozu v poperekovo-kryzhovomu viddili khrebta [Features of heat exchange in patients with neurological manifestations of osteochondrosis in the lumbosacral spine]. *Trauma*, 18 (6).

Submitted 18.03.2021