

Юрик О.Є.¹, Анатичук Л.І.^{2,3}, Рой І.В.¹, Кобилянський Р.Р.^{2,3}, Фіщенко Я.В.¹, Слободянюк Н.П.¹, Юрик Н.Є.¹, Дуда Б.С.¹

¹ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України», м. Київ, Україна

²Інститут термоелектрики НАН та МОН України, м. Чернівці, Україна

³Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича МОН України, м. Чернівці, Україна

Особливості теплового обміну у пацієнтів з неврологічними проявами остеохондрозу в попереково-крижовому відділі хребта

Резюме. Актуальність. Остеохондроз поперекового відділу хребта та його неврологічні прояви є одним із найпоширеніших захворювань, що призводить до порушення працездатності та інвалідності людей переважно в молодому віці. **Мета дослідження:** вивчення величини густини теплового потоку (ГТП) та температури поверхні тіла людини у пацієнтів з неврологічними проявами остеохондрозу в попереково-крижовому відділі хребта. **Матеріали та методи.** Обстежений 71 пацієнт (20 — з ознаками люмбоішіалгії на фоні гриж міжхребцевих дисків, 20 — з люмбоішіалгією на фоні гриж міжхребцевих дисків в поєднанні з нестабільністю хребців у цій ділянці, 11 пацієнтів — зі стенозом хребетного каналу та 20 осіб контрольної групи). **Результати.** У осіб контрольної групи фіксувались помірні показники температури та ГТП в паравертебральній зоні. У пацієнтів з люмбоішіалгією без ознак нестабільності відбувалося паралельне коливання температури і ГТП на стороні болю і низькі показники на інтактній стороні. При люмбоішіалгії на фоні нестабільності хребців позитивним був симптом «ножиць» на боці болю та зростання обох теплових показників на інтактній стороні. При стенозі хребетного каналу зменшувалися показники температури і ГТП з обох сторін, але більш інтенсивно на стороні болю. **Висновки.** Одночасне вимірювання показників температури та ГТП при неврологічних проявах остеохондрозу хребта за допомогою приладу, сконструйованого в Інституті термоелектрики НАН та МОН України, є високоінформативним методом діагностики.

Ключові слова: температура; тепловий потік; остеохондроз; неврологічні прояви

Вступ

Остеохондроз поперекового відділу хребта та його неврологічні прояви є одним із найпоширеніших захворювань, що призводить до порушення працездатності та інвалідності людей переважно в молодому віці. Остеохондроз, за даними багатьох авторів, є найбільш частою причиною патології хребта та посідає 2-е місце в Україні серед причин тимчасової втрати працездатності населення, поступаючись тільки респіраторним інфекціям [7]. Болі в спині зустрічаються в 40–80 % населення. У віці 20–64 роки болі в спині турбують 24 % чоловіків та 32 % жінок. Найчастіше найбільш виражені болі в спині спостерігаються у осіб віком 50–64 роки [5, 7].

Якщо раніше методом вибору в діагностиці дегенеративних змін хребта були клінічні та рентгенологічні

методи обстеження, а на сучасному етапі — застосування комп'ютерної і магнітно-резонансної томографії, то на сьогодні з'являється можливість більш точного встановлення та диференціювання дегенеративних уражень на різних рівнях за допомогою більш новітніх технологій та осучаснення давно відомих методів дослідження. Тому ми звернули увагу на дослідження локальних тепловиділень людини за допомогою напівпровідникових термоелектричних сенсорів теплового потоку [1–4], що поєднують мініатюрність, високу чутливість, стабільність параметрів у широкому інтервалі робочих температур і узгоджуються із сучасною реєструючою апаратурою [6]. Використання таких сенсорів дозволяє досягати високої локальності та точності теплотричних вимірювань. В Інституті термо-

електрики НАН та МОН України сконструйовані такі прилади, які починають широко впроваджуватись в науково-практичну медичну діяльність.

Отже, метою наших досліджень було вивчення величини густини теплового потоку (ГТП) та температури поверхні тіла людини у пацієнтів з неврологічними проявами остеохондрозу в попереково-крижовому відділі хребта.

Матеріали та методи

Обстежений 71 пацієнт (20 — з ознаками люмбагіалгії на фоні гриж міжхребцевих дисків, 20 — з люмбагією на фоні гриж міжхребцевих дисків в поєднанні з нестабільністю хребців в цій ділянці, 11 пацієнтів — зі стенозом хребетного каналу та 20 осіб контрольної групи) віком від 39 до 69 років. Переважали жінки — 64 % обстежених. Усі пацієнти підлягали детальному ортопедичному та неврологічному обстеженню.

Вимірювали величини густини теплового потоку та температури поверхні тіла пацієнтів з неврологічними проявами остеохондрозу хребта за допомогою приладу, сконструйованого в Інституті термоелектрики НАН та МОН України. 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 больового синдрому при дегенеративно-дистрофічних захворюваннях попереково-крижового відділу хребта (рис. 1).

Прилад містить блок керування (один) та термоелектричні сенсори температури і теплового потоку (два). Вимірювання температури та густини теплового потоку відбувається одночасно двома 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 ре-

зультатів 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, що 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 рознімач для карти пам'яті microSD та miniUSB-рознімач для підключення приладу до персонального комп'ютера. Також через miniUSB-рознімач здійснюється живлення батареї приладу.



Рисунок 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
Діапазон робочих температур термоелектричного сенсора	(0 ÷ +50) °C
Точність вимірювання температури	± 0,1 °C
Діапазон вимірювання густини теплового потоку	(1 ÷ 100) мВт/см ²
Максимальна похибка вимірювання густини теплового потоку	5 %
Кількість термоелектричних сенсорів	2
Габаритні розміри термоелектричного сенсора	14 × 14 × 3 мм
Габаритні розміри блоку керування	90 × 55 × 25 мм
Вага термоелектричного сенсора	20 г
Вага приладу	150 г
Час безперервної роботи приладу	48 год

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», «Вгору», «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 субменю 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 датчиком 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.

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 у автономному режимі разом із пацієнтом. 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 безперервної роботи приладу.

У приміщенні, де відбувалось обстеження, 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, судинорозширюючі або судинозвужуючі медикаменти. За 3–4 години до обстеження пацієнти повинні були припинити палити. За 2–3 години до початку обстеження пацієнтам знімали різноманітні мазеві аплікації і поверхню шкіри обезжирювали сумішшю 40% етилового спирту та ефіру (в пропорції 4 : 1). Безпосередньо перед обстеженням хворі 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 з поверхні шкіри пацієнта проводили в реальному часі про-

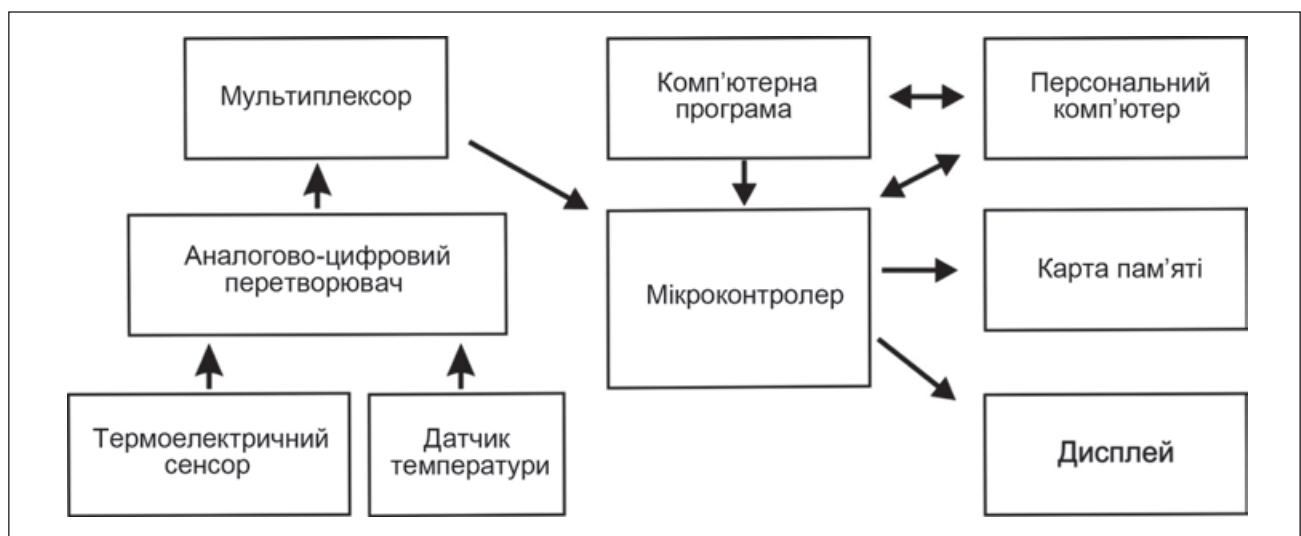


Рисунок 2. Структурна схема термоелектричного приладу для вимірювання температури і теплових потоків

тягом 3 хв. Звертали увагу на час термоадаптації (у секундах) — t (скільки часу минало від моменту початку обстеження до виходу основних показників на теплове насичення), показники температури та густини теплового потоку на висоті цього плато, вигляд самих кривих. Датчики накладами симетрично з двох сторін паравертебрально на рівні остистих відростків L_4-L_5 -хребців.

Результати та обговорення

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 в усіх осіб контрольної групи зберігався повний обсяг 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 зацікавлених зонах. У осіб контрольної групи час виходу на теплове насичення становив $45,3 \pm 0,3$ с. Температура шкірних покривів у паравертебральних ділянках була в межах $34,6 \pm 0,5$ °C, а густина теплового потоку становила $17,1 \pm 0,1$ Вт/м².

При клінічному обстеженні пацієнтів з ознаками люмбоішіалгії, причиною якої була наявність гриж або протрузій в попереково-крижовому відділі хребта, нами 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 обсягу рухів в поперековому відділі хребта, напруження м'язів поперекової ділянки, болі при пальпації і перкусії паравертебральних точок, різке обмеження нахилів у бік ураження. В положенні лежачи на спині і з зігнутими нижніми кінцівками у кульшових суглобах біль зменшувався. Біль мав 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 ГТП на стороні болю і низькі показники на інтактній стороні (рис. 4). Показники температури шкірних покривів на стороні болю були в межах $34,8 \pm 0,5$ °C, а ГТП становила $101,6 \pm 0,3$ Вт/м², а на інтактній стороні вони були в межах $30,6 \pm 0,7$ °C та ГТП = $71,8 \pm 0,4$ Вт/м². Час виходу на теплове насичення становив $40,1 \pm 0,2$ с.

В осіб з ознаками люмбоішіалгії, що виникла на фоні гриж та протрузій міжхребцевих 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. 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.

При проведенні теплометричних досліджень у цієї групи пацієнтів спостерігалася тенденція до симптому «ножиць» на стороні болю: різкий підйом густини теплового потоку до $85,4 \pm 0,6$ Вт/м² при майже незмінному показнику температури шкіри на стороні болю ($34,7 \pm 0,2$ °C); час виходу на теплове насичення скорочувався до $39,8 \pm 0,8$ с. На протилежній стороні в паравертебральній зоні відбувалися незначні коливання теплометричних показників, що не виходили за межі фізіологічної норми (рис. 5).

Пацієнти, у яких больовий синдром виник на фоні стенозу хребтового каналу в попереково-крижовому відділі хребта, зазначали, що больовий синдром тривав у них більше ніж два-три місяці і не купірувався звичайними знеболюючими препаратами та міорелаксантами. Давало полегшення лише застосування епідурального адгезіолізу. При прицільному обстеженні у них виявлено зменшення показників температури і ГТП з обох сторін, але більш інтенсивно на домінуючій стороні болю (рис. 6).

Отже, прилад для одночасного вимірювання показників температури та густини теплового потоку з поверхні тіла людини, що сконструйований в Інституті термоелектрики НАН та МОН України, є високоінформативним, доступним для використання в медичній практиці, навіть на рівні надання допомоги в первинній ланці охорони здоров'я, і може бути широко впроваджений в медичні заклади України.

Висновки

1. Вивчення змін теплометричних показників шкірних покривів у попереково-крижовому відділі хребта є високоінформативним методом діагностики і дозволяє правдиво вивчити ці зміни залежно від віку, статі пацієнта та виявити основні тенденції у зміні їх стану протягом певного часу.

2. Одночасне вимірювання температури шкірних покривів та густини теплового потоку приладом, сконструйованим в Інституті термоелектрики НАН та МОН України, дозволяє вже на ранніх стадіях процесу встановити характер неврологічних ускладнень при остеохондрозі хребта, навіть не застосовуючи для цього дороге обладнання.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність будь-якого конфлікту інтересів при підготовці даної статті.

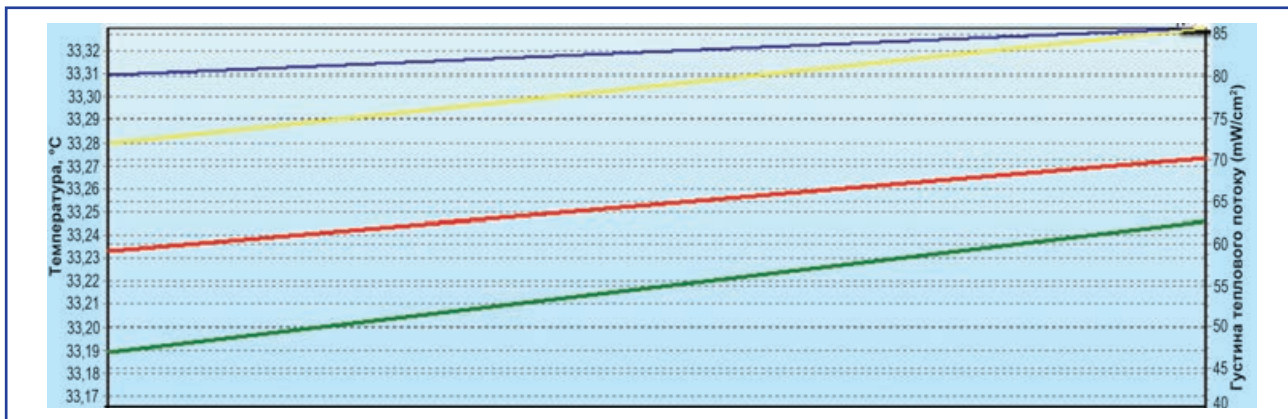


Рисунок 3. Графічне зображення показників температури і густини теплового потоку у осіб контрольної групи

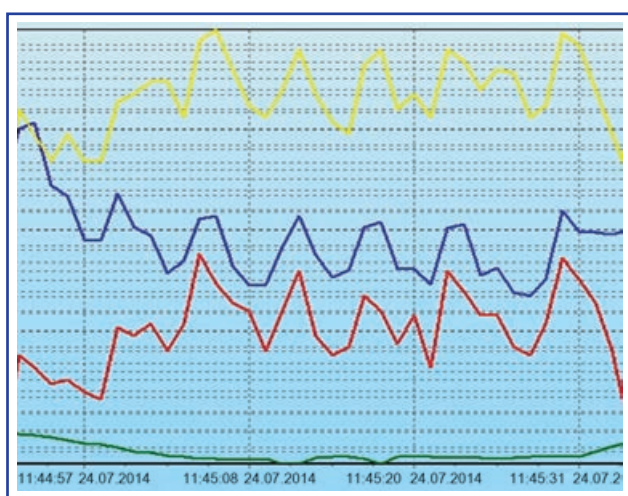


Рисунок 4. Графічне зображення показників температури і ГТП у пацієнтів з грижами та протрузіями міжхребцевих дисків без ознак нестабільності в попереково-крижовому відділі хребта

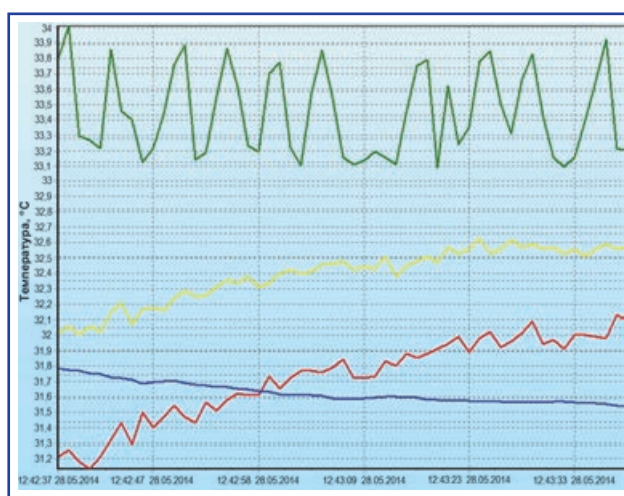


Рисунок 5. Графічне зображення показників температури і ГТП у пацієнтів з грижами та протрузіями міжхребцевих дисків у поєднанні з нестабільністю в попереково-крижовому відділі хребта

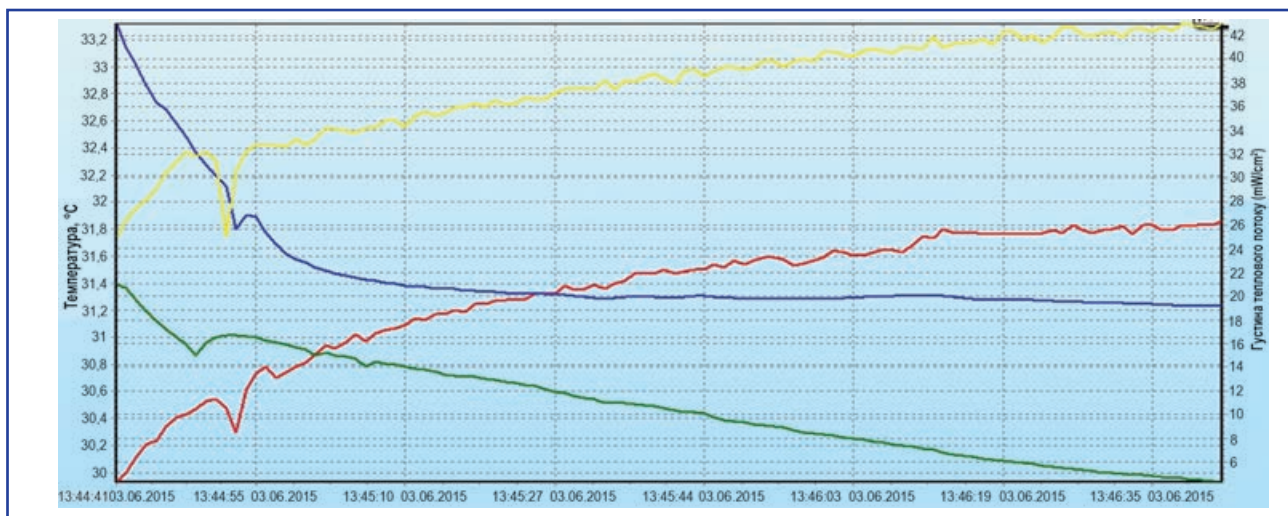


Рисунок 6. Графічне зображення показників температури і ГТП у пацієнтів з больовим синдромом на фоні стенозу хребетного каналу на попереково-крижовому рівні

Список літератури

1. Анатычук Л.И. Термоэлементы и термоэлектрические устройства: Справочник. — К.: Наукова думка, 1979. — 768 с.

2. Анатычук Л.И., Кобылянский Р.Р. Термоэлектрические преобразователи для градиентных тепломеров // Доклады XIII Межгосударственного семинара «Термоэлектрики и их применения» 13–14 ноября 2012 г. — Санкт-Петербург, 2012. — С. 440–444.

3. Анатычук Л.И., Иващук О.И., Кобылянский Р.Р., Постевка І.Д., Бодяка В.Ю., Гушул І.Я. Термоэлектричний прилад для вимірювання температури і густини теплового потоку «АЛТЕК-10008» // Термоелектрика. — 2016. — № 1. — С. 76–84.

4. Гищук В.С. Электронный регистратор з обробкою сигналів термоелектричного сенсора теплового потоку // Термоелектрика. — 2013. — № 1. — С. 82–86.

5. Гэлли Р.Л. Неотложная ортопедия. Позвоночник / Р.Л. Гэлли, Д.У. Спайт, Р.Р. Симон: Пер. с англ. — М.: Медицина, 1995. — 432 с.

6. Демчук Б.М., Кушнерик Л.Я., Рубленік І.М. Термоелектричні датчики для ортопедії // Термоелектрика. — 2002. — № 4. — С. 80–85.

7. Педаченко Е.Г. Хирургия лечения дискогенных миелорадикулярных синдромов: точка зрения нейрохирурга / Е.Г. Педаченко, С.В. Куцаев, М.В. Хижняк [и др.] // Вісник ортопед., травматол. та протезув. — 2004. — № 4. — С. 11–16.

Отримано 30.10.2017 ■

Юрик О.Е.¹, Анатычук Л.И.^{2,3}, Рой І.В.¹, Кобылянский Р.Р.^{2,3}, Фищенко Я.В.¹, Слободянюк Н.П.¹, Юрик Н.Е.¹, Дуда Б.С.¹

¹ГУ «Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины», г. Киев, Украина

²Институт термоэлектрики НАН и МОН Украины, г. Черновцы, Украина

³Черновицкий национальный университет им. Ю. Федьковича МОН Украины, г. Черновцы, Украина

Особенности теплового обмена у пациентов с неврологическими проявлениями остеохондроза в пояснично-крестцовом отделе позвоночника

Резюме. Актуальность. Остеохондроз поясничного отдела позвоночника и его неврологические проявления является одним из наиболее распространенных заболеваний, которое приводит к нарушениям трудоспособности и инвалидности людей преимущественно в молодом возрасте. **Цель исследования:** изучение величины плотности теплового потока (ПТП) и температуры поверхности тела человека у пациентов с неврологическими проявлениями остеохондроза в пояснично-крестцовом отделе позвоночника. **Материалы и методы.** Обследован 71 пациент (20 — с признаками люмбоишалгии на фоне грыж межпозвоночных дисков, 20 — с люмбоишалгией на фоне грыж межпозвоночных дисков в сочетании с нестабильностью позвонков на этом участке, 11 пациентов — со стенозом позвоночного канала и 20 лиц контрольной группы). **Результаты.** У лиц контрольной группы фиксировались умеренные показатели температуры и ПТП

в паравертебральной зоне. У пациентов с люмбоишалгией без признаков нестабильности происходило параллельное колебание температуры и ПТП на стороне боли и фиксировались низкие показатели на интактной стороне. При люмбоишалгии на фоне нестабильности позвонков позитивным был симптом «ножниц» на стороне боли и увеличение обоих тепловых показателей на интактной стороне. При стенозе позвоночного канала уменьшались показатели температуры и ПТП с обеих сторон, но более интенсивно на стороне боли. **Выводы.** Одновременное измерение показателей температуры и ПТП при неврологических проявлениях остеохондроза позвоночника прибором, сконструированным в Институте термоэлектрики НАН и МОН Украины, является высокоинформативным методом диагностики.

Ключевые слова: температура, тепловой поток, остеохондроз, неврологические проявления

O.E. Yuryk¹, L.I. Anatyshuk^{2,3}, I.V. Roy¹, R.R. Kobylyansky^{2,3}, Ya.V. Fishchenko¹, N.P. Slobodyanyuk¹, N.E. Yuryk¹, B.S. Duda¹

¹State Institution "Institute of Traumatology and Orthopaedics of the NAMS of Ukraine", Kyiv, Ukraine

²Institute of Thermoelectricity of NAS and MES of Ukraine, Chernivtsi, Ukraine

³Yu. Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

Peculiarities of thermal exchange in patients with neurological signs of lumbosacral osteochondrosis

Abstract. Background. Osteochondrosis of the lumbar spine and its neurological presentations is one of the most common diseases, which leads to disability and invalidity of people mainly at younger age. The purpose of the research: to study the value of the heat flux density (HFD) and the temperature of the human body surface in patients with neurological signs of lumbosacral osteochondrosis. **Material and methods.** 71 patients were examined (20 — with signs of lumboischiagia against the background of intervertebral disc herniation, 20 — with lumboischiagia against herniation of intervertebral discs in combination with vertebral instability in this area, 11 patients with vertebral canal stenosis, and 20 patients from the control group). **Results.** In the control group, moderate temperature and HFD parameters in the paravertebral zone were fixed. Patients with lumboischiagia without symptoms of instability had a parallel

fluctuation of temperature and HFD on the pain side and low indicators on the intact side. With lumboischiagia, on the background of vertebral instability, the symptom of "scissors" on the pain side and the growth of both thermal indices on the intact side were positive. With stenosis of the vertebral canal, the temperature and HFD parameters on both sides decreased, but more intensively on the side of the pain. **Conclusions.** Simultaneous measurement of temperature and HFD parameters in patients with neurological signs of spinal osteochondrosis using a device constructed at the Institute of Thermoelectricity of the National Academy of Sciences and the Ministry of Education and Science of Ukraine is a highly informative diagnostic method.

Keywords: temperature; heat flux density; osteochondrosis; neurological presentations