

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

Анатычук Л. И.^{1,2} *ак. НАН Украины,*
Юрик О. Е.³ *док. мед. наук,*
Кобылянский Р. Р.^{1,2} *канд. физ.-мат. наук,*
Рой И. В.³ *док. мед. наук,*
Фищенко Я. В.³ *канд. мед. наук,*
Слободянюк Н. П.³,
Юрик Н. Е.³, **Дуда Б. С.**³

¹Институт термоэлектричества НАН и МОН Украины,
ул. Науки, 1, Черновцы, 58029, Украина,
e-mail: anatyach@gmail.com;

²Черновицкий национальный университет имени Юрия Федьковича,
ул. Коцюбинского 2, Черновцы, 58012, Украина,
e-mail: anatyach@gmail.com

³ГУ «Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины»,
ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина,
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, предназначенного для одновременного измерения температуры и плотности тепловых потоков поверхности тела человека контактным способом. Разработана специализированная компьютерная программа "Termomonitor" для обработки результатов измерений, их накопления и воспроизведения в заданном виде на персональном компьютере, которая дает возможность осуществлять мониторинг температурного и теплового состояний организма человека в реальном времени. Приведены особенности конструкции прибора, его технические характеристики и результаты предварительных клинических испытаний. Библ. 28, Рис. 3, Табл. 2.

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

Введение

Остеохондроз позвоночника и его неврологические проявления являются одной из актуальных проблем современной медицины. Это обусловлено широкой

распространенностью патологии в активном трудоспособном возрасте, частой склонностью заболевания к стойкому и затяжному течению, беспрерывным увеличением количества таких больных с возрастом. Весомое место в этом перечне занимают неврологические проявления остеохондроза поясничного отдела позвоночника, которые составляют 60 – 70 % всех заболеваний периферической нервной системы и являются причиной более чем 70 % случаев временной потери трудоспособности. Распространенность этой патологии в Украине на сегодняшний день составляет 10 тыс. случаев на 100 тыс. населения. Следует отметить, что многие аспекты этой патологии до сих пор не изучены, нуждаются в дальнейшем усовершенствовании современных методов диагностики и лечения этого заболевания [1 – 5].

В последние годы, особенно в ГУ "Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины", начали широко применять методику эпидурального адгезиолиза [6 – 9]. Целью данного вида лечения является снятие воспаления и минимизация механического воздействия на нервные структуры. Эту методику реализуют с помощью катетера – тонкой трубочки, которая вводится в середину канала позвоночника. Процедура проводится под флюороскопическим контролем. Сначала через расщелину крестцовой кости рядом с местом прикрепления копчика делается прокол более толстой иглой. Все это осуществляется под местным обезболиванием. Внутри иглы находится тонкая трубка (катетер) с металлической проволоочкой, которая видна на рентгене. Врач контролирует положение трубочки с помощью рентген-аппарата. После того, как конец катетера установлен в нужное место, металлическая проволоочка извлекается и внутри позвоночника остается только мягкая пластиковая трубка, в конце которой имеются отверстия. Через нее один или несколько раз вводится лекарство, как правило, кортикостероиды продленного действия и гипертонический раствор, которые ускоряют рассасывание грыжи и уменьшают болевые ощущения.

Этот метод применяется как альтернатива хирургическому вмешательству. Он не заменяет традиционные операции, однако у значительной части пациентов позволяет существенно уменьшить боли и обойтись без дальнейших хирургических вмешательств. Также этот метод рекомендуется, чтобы уменьшить боли у больных, которые отказываются от операции или тех, кому операцию невозможно провести вследствие состояния здоровья. Для оценки эффективности проведенного лечения недавно начали применять усовершенствованные методы оценки изменения тепловыделения и температурных реакций организма в ответ на проведенную процедуру [10 – 13].

Известно, что перспективными для исследования локальных тепловыделений человека являются полупроводниковые термоэлектрические сенсоры теплового потока [14 – 24], которые объединяют в себе миниатюрность, высокую чувствительность, стабильность параметров в широком интервале рабочих температур и согласуются с современной регистрирующей аппаратурой [25 – 28]. Использование таких сенсоров позволяет достигать высокой локальности и точности теплотеметрических измерений. Это, в свою очередь, дает возможность получать информацию о характеристиках исследуемых объектов и детально их анализировать с целью выявления воспалительных процессов организма человека на ранних стадиях.

Важным также является контроль тепловыделения на участках тела человека, где имело место оперативное вмешательство. При нормальном заживлении ран тепловыделение хотя и увеличено, однако находится в соответствующих пределах. Однако если заживление сопровождается существенными воспалительными процессами (например, от нарушения

стерильности ран), то о таких процессах, в первую очередь, может информировать термоэлектрический сенсор путем регистрации локальных тепловых аномалий. Таким образом, мониторинг тепловыделения организма человека является чрезвычайно важным, поскольку может дать информацию как об обострении болезни, так и, наоборот, о процессах реабилитации.

Поэтому целью работы является разработка термоэлектрического прибора для диагностики воспалительных процессов и болевого синдрома при дегенеративно-дистрофических заболеваниях пояснично-крестцового отдела позвоночника.

Конструкция и технические характеристики прибора

В Институте термоэлектричества НАН и МОН Украины был разработан двухканальный термоэлектрический прибор для измерения температуры и тепловых потоков (рис. 1). Технические характеристики прибора приведены в таблице 1.

Таблица 1

Технические характеристики прибора

№	Технические характеристики прибора	Значения параметров
1.	Диапазон рабочих температур термоэлектрического сенсора	$(0 \div +50) ^\circ\text{C}$
2.	Точность измерения температуры	$\pm 0.1 ^\circ\text{C}$
3.	Диапазон измерения плотности теплового потока	$(1 \div 100) \text{ мВт/см}^2$
4.	Максимальная погрешность измерения плотности теплового потока	5 %
5.	Количество термоэлектрических сенсоров	2
6.	Габаритные размеры термоэлектрического сенсора	$(14 \times 14 \times 3) \text{ мм}$
7.	Габаритные размеры блока управления	$(90 \times 55 \times 25) \text{ мм}$
8.	Вес термоэлектрического сенсора	20 г
9.	Вес прибора	150 г
10.	Время непрерывной работы прибора	48 ч

Прибор предназначен для измерения температуры и плотности теплового потока с поверхности тела человека контактным способом, который позволяет выявлять на ранних стадиях воспалительные процессы в человеческом организме, различные заболевания и проводить экспресс-диагностику во время массового осмотра пациентов. В данной работе прибор использован для определения воспалительных процессов и болевого синдрома при дегенеративно-дистрофических заболеваниях пояснично-крестцового отдела позвоночника.

Прибор содержит блок управления 1 и термоэлектрические сенсоры температуры и теплового потока 2. Измерение температуры и плотности теплового потока происходит одновременно двумя термоэлектрическими сенсорами с записью результатов измерения на карту памяти MicroSD и компьютерным отображением на ПК (с операционной системой Windows 7-10). Запись данных осуществляется в формате "Comma-separated values" (csv), что позволяет открывать файлы записи результатов измерения без всякого дополнительного конвертирования в большинстве программ для работы с электронными таблицами, таких как "Microsoft Excel", "Open office" и др., а также в специализированной программе прибора "Termomonitor" для построения графиков измерений.

Принцип работы прибора состоит в преобразовании теплового потока и температуры тела человека с помощью двух термоэлектрических сенсоров плотности теплового потока и температуры в эквивалентные по величине электрические сигналы, которые выводятся на цифровой дисплей блока управления в единицах плотности теплового потока (mWt/cm^2) и температуры ($^{\circ}\text{C}$).

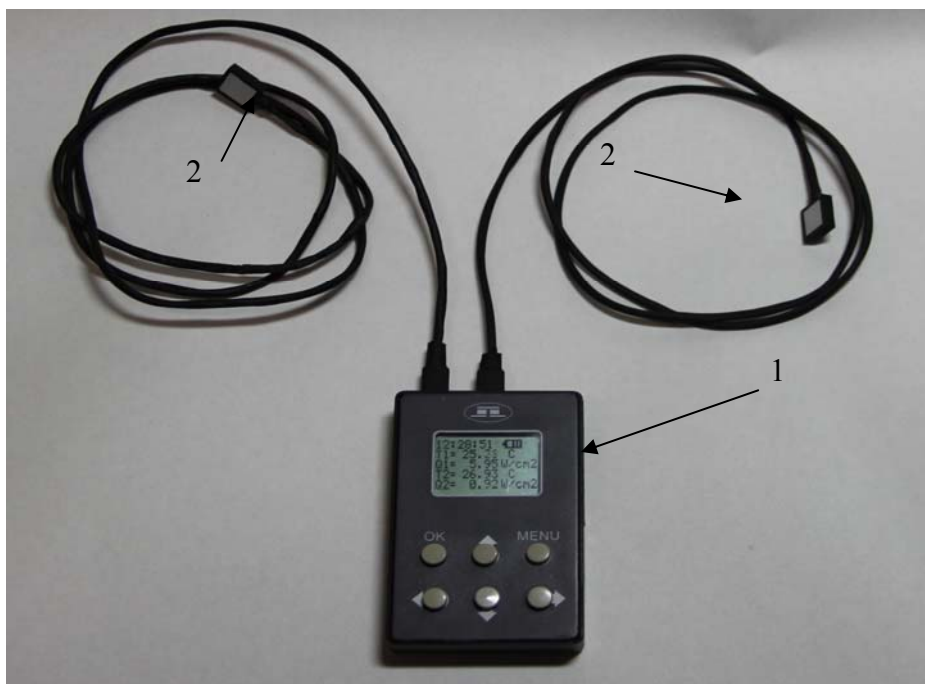


Рис. 1. Термоэлектрический прибор для измерения температуры и тепловых потоков: 1 – блок управления, 2 – термоэлектрический сенсор температуры и теплового потока.

На верхней стенке прибора смонтированы два разъема для подключения термоэлектрических сенсоров температуры и теплового потока и кнопка включения. На правой боковой стенке размещены разъем для карты памяти microSD и miniUSB-разъем для подключения прибора к персональному компьютеру. Также через miniUSB-разъем осуществляется питание батареи прибора.

На передней стенке корпуса смонтирован жидкокристаллический дисплей, на котором в виде графиков отображаются значения плотности тепловых потоков с соответствующих участков

тела человека и значение температуры. Таким образом, полученные результаты измерений можно анализировать непосредственно из графиков, которые отображаются на дисплее. Наличие в приборе одновременно двух термоэлектрических сенсоров дает возможность сравнивать результаты измерений больного и здорового участков поверхности тела человека.

Кроме того, на передней стенке прибора размещены 6 кнопок для управления работой прибора – "ВЛЕВО", "ВПРАВО", "ВВЕРХ", "ВНИЗ", "ОК", "МЕНЮ". Назначение пунктов «МЕНЮ» прибора следующее:

- "НАЧАТЬ ЗАПИСЬ" / "ОСТАНОВИТЬ ЗАПИСЬ" – прибор начинает запись результатов измерений в новый файл, останавливает соответствующую запись и сохраняет информацию на карте памяти;
- "ВЫБОР РЕЖИМА" – вызывает субменю выбора одного из 9 режимов отображения информации в виде графиков в реальном времени;
- "ПЕРИОД ЗАПИСИ" – предназначен для выбора периода времени, через который результаты измерений будут записываться в файл на карту памяти, отображаясь на дисплее прибора;
- "ВРЕМЯ/ДАТА" – переход в режим настройки времени и даты;
- "АККУМУЛЯТОР" – отображает напряжение на батарее питания прибора;
- "СПРАВКА" – отображает информацию о приборе.

Структурная схема прибора (рис. 2) включает следующие функциональные узлы: термоэлектрический сенсор теплового потока со встроенным датчиком температуры; аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) для преобразования аналоговых сигналов сенсора в цифровые; мультиплексор для коммутирования цифровых сигналов с АЦП и поочередной передачи их на микроконтроллер, с помощью которого происходит обработка цифровых сигналов, их сохранение на карту памяти, графическая визуализация информации на дисплее и персональном компьютере.

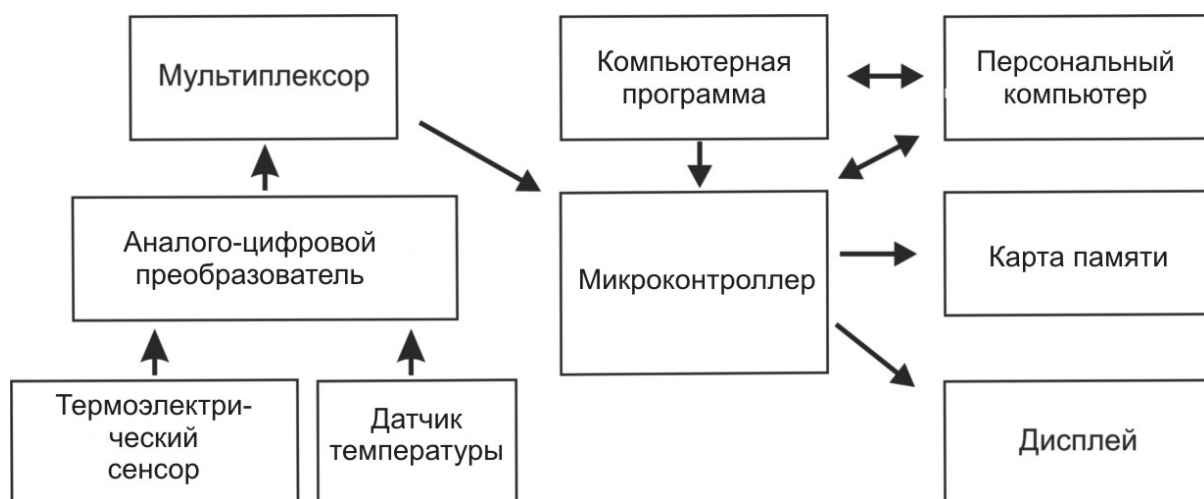


Рис. 2. Структурная схема термоэлектрического прибора для измерения температуры и тепловых потоков.

Основным функциональным узлом блока управления является микроконтроллер, работающий на частоте до 20 МГц и обеспечивающий высокую скорость обработки сигналов термоэлектрического сенсора температуры и теплового потока. С помощью персонального

компьютера осуществляется программирование микроконтроллера, который, в свою очередь, управляет работой других функциональных узлов прибора.

Прибор содержит собственный источник питания для того, чтобы обеспечить возможность его использования в автономном режиме с участием пациента. Это, в свою очередь, позволяет расширить функциональные возможности прибора. Питание прибора происходит с помощью литий-ионной батареи емкостью 1200 мА/ч, что обеспечивает 48 часов непрерывной работы прибора.

Описание компьютерной программы прибора

Компьютерная программа прибора (рис. 3) написана на языке программирования Delphi.

Программа позволяет обмениваться данными с блоком управления через USB – интерфейс. Обмен данными осуществляется по HID-протоколу (Human Device Interface), что дает возможность подключать прибор к персональному компьютеру без установки дополнительных драйверов.

При выборе в компьютерной программе отметки "ОБНОВЛЯТЬ ДАННЫЕ" запускается цикл, отправляющий запросы на передачу данных из блока управления. Блок управления на такие запросы отправляет пакет данных о температуре и тепловом потоке термоэлектрических сенсоров с заданным интервалом времени. Полученный пакет данных обрабатывается, после чего информация отображается на персональном компьютере в виде таблиц и графиков.

При нажатии кнопки "СОХРАНИТЬ" все данные из таблицы превращаются в строковые константы (обычный текст), разделяются точкой с запятой и записываются в файл с расширением "csv", который можно открыть, используя любую программу для работы с электронными таблицами (Microsoft Excel и т.д.).

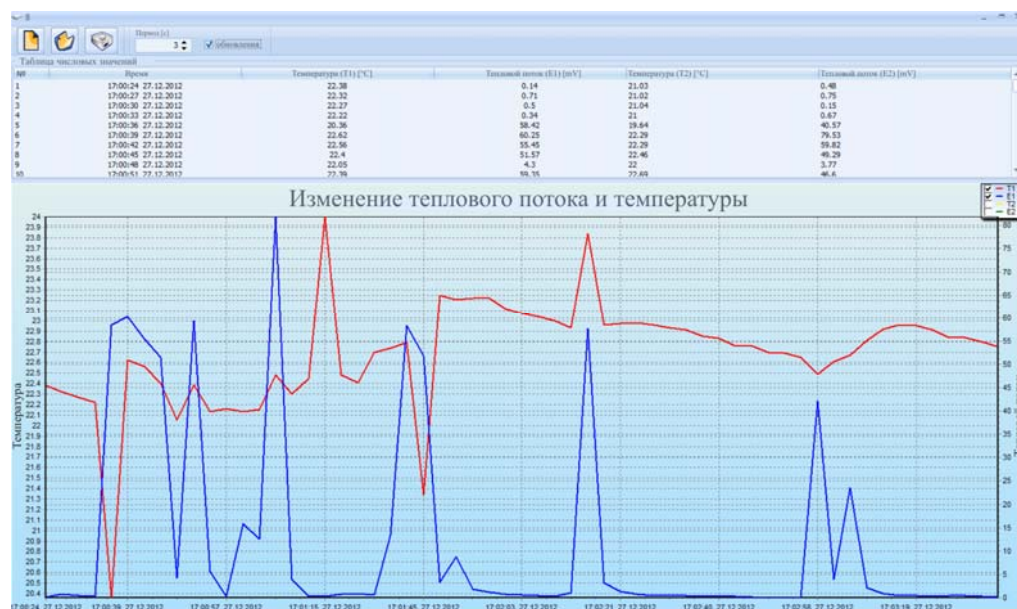


Рис. 3. Интерфейс компьютерной программы "Tertomonitor" для обработки результатов измерений, их накопления и воспроизведения в заданном виде на персональном компьютере (отображается изменение температуры и теплового потока 1-го термоэлектрического сенсора).

При открывании файла такой программой происходит декодирование "csv" – формата в пакет данных с плавающей точкой, который позволяет отображать информацию в виде таблицы и соответствующих графиков на персональном компьютере

Результаты предварительных клинических исследований

Целью предварительных клинических исследований было оценить с помощью термоэлектрического прибора изменения температуры и тепловыделения организма человека для определения эффективности применения эпидурального адгезиолиза в лечении болевого синдрома при дегенеративно-дистрофических заболеваниях пояснично-крестцового отдела позвоночника. Клинические исследования проведены в лаборатории нейроортопедии и проблем боли ГУ «Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины»

Были проведены обследования основной группы – 11 пациентов в возрасте от 39 до 69 лет с признаками стеноза позвоночного канала на пояснично-крестцовом уровне, у которых имел место продолжительный болевой синдром, заставивший лечащего врача применить эпидуральный адгезиолиз. Было пролечено мужчин – 4 чел., а женщин – 7 чел. Распределение по возрастным группам было неравномерным: в молодом возрасте – 1 мужчина, в среднем – 2 мужчин и 1 женщина, в преклонном – 1 мужчина и 6 женщин.

В помещении, где проводились обследования, постоянно поддерживалась температура в пределах 20 – 22 °С и относительная влажность воздуха 50 – 60 %. Накануне обследования пациентам отменяли все физиотерапевтические и согревающие процедуры, а также противовоспалительные, жаропонижающие, сосудорасширяющие или сосудосуживающие медицинские препараты. За 3 – 4 часа до обследования пациенты должны были перестать курить сигареты. За 2 – 3 часа до начала обследования пациентам снимали разные мазевые аппликации и обезжиривали поверхность кожи смесью 40 %-го этилового спирта и эфира (в пропорции 4:1). Непосредственно перед обследованием пациенты проходили на протяжении 15 – 20 мин. температурную адаптацию. В это время они находились в состоянии покоя, без статического и динамического напряжений мышц. Измерение теплотметрических показателей с поверхности кожи пациента проводили в реальном времени на протяжении 3 мин. с помощью термоэлектрического прибора для измерения температуры и тепловых потоков. Во время измерений фиксировали время термоадаптации (в секундах) – t (время от начала обследования до выхода основных показателей прибора на «насыщение»), показатели температуры и плотности теплового потока на «насыщении». Термоэлектрические сенсоры прикладывали в области позвоночника симметрично с двух сторон паравертебрально на уровне остистых отростков L4-L5- позвонков.

Контрольную группу составили 20 человек в возрасте от 23 до 62 лет из них 8 лиц мужского пола и 12 женского. В молодом возрасте обследованы 7 мужчин и 5 женщин, в среднем – 1 мужчина и 6 женщин, в преклонном – 1 женщина.

Как показали проведенные исследования, в контрольной группе колебания основных теплотметрических показателей в паравертебральных участках были симметричными и практически не отличались по тесту «слева/справа». Тепло- и термоадаптация кожных покровов, контактирующих с поверхностью термоэлектрических сенсоров, проходила одновременно и имела вид пологой кривой с наличием четко видимого насыщения. При этом у всех членов контрольной группы сохранялся полный объем движений в пояснично-крестцовом отделе позвоночника,

отсутствовали ощущения остистых отростков и паравerteбральных участков в пояснично-крестцовой зоне, не было признаков нарушения чувствительности, рефлексов в исследуемых зонах. Следует отметить, что прослеживалась тенденция к изменению основных показателей в зависимости от возраста. Это изменение отражено в таблице 2.

Как показали предварительные исследования, у представителей контрольной группы с возрастом увеличивается температура кожных покровов в паравerteбральных участках в пояснично-крестцовом отделе позвоночника и уменьшаются время выхода на «насыщение» и величина плотности теплового потока в этих зонах.

Таблица 2

Термометрические показатели контрольной группы

Возрастные категории	Мужчины			Женщины		
	t , с	T , °C	q , мВт/см ²	t , с	T , °C	q , мВт/см ²
Молодой возраст $n = 12$ (м = 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
Средний возраст $n = 7$ (м = 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
Преклонный возраст $n = 1$ (м = 0, ж = 1)	–	–	–	31±0.6	36.2±0.4	11.6±0.3

У пациентов с диагностированным стенозом позвоночного канала в пояснично-крестцовом отделе позвоночника на фоне дегенеративно-дистрофических заболеваний, отмечена следующая тенденция. У мужчин молодого возраста резко уменьшилось время выхода на «насыщение» до 14 с (в норме – 45.3 ± 0.3 с); снизилась температура кожных покровов до 30.9 °C (в норме – 34.6 ± 0.5 °C); возросла величина плотности теплового потока до 45.2 мВт/см² (против 17.1 ± 0.1 мВт/см² в контрольной группе). После проведенного эпидурального адгезиолиза у них наблюдалось изменение всех исходных показателей: время выхода на «насыщение» увеличилось до 20 с, значение температуры поверхности кожи снизилось до 29.8 °C а плотности теплового потока – до 30.9 мВт/см². Это свидетельствует о том, что продолжительный болевой синдром привел к угнетению деятельности симпатического отдела нервной системы и организму требуется продолжительное время на восстановление его адаптационных возможностей.

У мужчин среднего возраста получены следующие результаты исследований. У пациента до проведения процедуры отмечены уменьшение времени выхода на насыщение до 20 с и 9 с, соответственно (в контрольной группе – 28.1 с), снижение температуры поверхности кожи в паравerteбральных участках до 27.5 °C и 30.9 °C (против 35.1 °C в

контрольной группе). На этом фоне у одного мужчины уменьшилась величина плотности теплового потока до 6.8 мВт/см^2 (в контрольной группе этот показатель составил 14.8 мВт/см^2). Такой феномен можно объяснить выраженными признаками застоя в венозных сплетениях эпидурального пространства. После проведения эпидурального адгезиолиза у этих пациентов показатели температуры возросли на 6.6 и 5.1 °C, а величины плотности теплового потока – на 5 и 28 мВт/см^2 соответственно. У одного пациента на 4.4 с время выхода на «насыщение» возросло, у другого – уменьшилось на 2 с, что можно объяснить различием в степени сохранения терморецепторов внутри эпидурального пространства вследствие продолжительного болевого синдрома. У женщины среднего возраста сохранилась аналогичная тенденция относительно времени выхода на «насыщение» (14 с против 36.2 ± 1.2 с в контрольной группе), уменьшение показателей температуры (29.0 °C против 35.1 ± 0.9 °C в контрольной группе). Аналогично уменьшались показатели плотности теплового потока: 10.5 мВт/см^2 против 14.7 мВт/см^2 . После проведенной манипуляции у женщин через пять дней зафиксирована незначительная тенденция к росту показателей температуры кожных покровов в паравертебральном участке на 0.4 °C и значительный рост плотности теплового потока на 19.7 мВт/см^2 . Время выхода значений на «насыщение» после проведенной процедуры возросло до 38 с. Такие изменения можно объяснить особенностями нейроэндокринных сдвигов у женщин в этом возрасте.

Лица мужского пола в преклонном возрасте, которым проводился эпидуральный адгезиолиз, не обследовались. В указанной возрастной категории были обследованы 6 женщин. Получены следующие результаты. У всех женщин резко уменьшалось время от начала обследования до выхода на «насыщение» (15.0 ± 0.3 с против 31 с у женщины контрольной группы). Уменьшались температурные показатели в паравертебральном участке (31.9 ± 0.2 °C в основной группе против 36.2 °C у женщины контрольной группы), возрастала величина плотности теплового потока до $23.4 \pm 2.4 \text{ мВт/см}^2$ против 11.6 мВт/см^2 у женщины в контрольной группе. Полученные данные могли свидетельствовать о том, что у женщин с продолжительным болевым синдромом на фоне стеноза позвоночного канала при дегенеративно-дистрофических заболеваниях пояснично-крестцового отдела позвоночника в преклонном возрасте активизируется деятельность симпатического отдела вегетативной нервной системы на фоне угнетения активности парасимпатического отдела вследствие продолжительного венозного застоя в этом участке позвоночника. После проведенной манипуляции (эпидурального адгезиолиза) время выхода на «насыщение» тепловых показателей существенно не изменялось. Наблюдалась тенденция к нормализации показателей температуры в этой возрастной группе (температура возрастала на 2.54 ± 0.9 °C по сравнению с первым днем обследования), а также резкий рост величины плотности теплового потока после проведенной процедуры (плотность $54.2 \pm 2.4 \text{ мВт/см}^2$). Это могло свидетельствовать о том, что у лиц преклонного возраста вследствие продолжительного заболевания наблюдается резкое угнетение парасимпатического отдела вегетативной нервной системы и на его восстановление необходимо более продолжительное время, чем у лиц младших групп.

Итак, проведенные предварительные клинические исследования дают возможность диагностировать воспалительные процессы, в частности при неврологических проявлениях

остеохондроза позвоночника, и отслеживать эффективность проведенного консервативного лечения при дегенеративно-дистрофических заболеваниях пояснично-крестцового отдела позвоночника.

Следует отметить, что авторы данной работы являются первооткрывателями в нейроортопедии указанного метода обследования пациентов и для подтверждения достоверности полученных результатов предварительных клинических исследований необходимо набрать большие по численности основную и контрольную группы, а также провести аналогичные исследования для большего количества пациентов, что и будет целью дальнейших исследований в этом направлении.

Выводы

1. Разработан двухканальный термоэлектрический прибор для измерения температуры и плотности тепловых потоков, обладающий возможностью сохранения, обработки и визуализации результатов измерений на дисплее прибора и персональном компьютере в режиме реального времени.
2. На основе проведенных предварительных клинических исследований установлено, что разработанный термоэлектрический прибор дает возможность диагностировать воспалительные процессы, в частности при неврологических проявлениях остеохондроза позвоночника, и определять эффективность применения эпидурального адгезиолиза в лечении болевого синдрома при дегенеративно-дистрофических заболеваниях пояснично-крестцового отдела позвоночника.
3. Предложенный прибор является перспективным для мониторинга температурного и теплового состояний человека в реальном времени, что дает возможность выявлять на ранних стадиях воспалительные процессы, различные заболевания и проводить экспресс-диагностику во время массового осмотра пациентов.

Литература

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. I. – С. 152 – 167.

8. Коган О. Г. Методологические основы диспансеризации при заболеваниях нервной системы / О. Г. Коган, И. Р. Шмидт, А. А. Толстоколов. – 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. Термоэлектрический полупроводниковый тепломер / Анатычук Л. И., Лозинский Н. Г., Микитюк П. Д., Розвер Ю. Ю. Приборы и техника эксперимента. – 1983. – № 5. – С. 236.
16. Термоэлектрический тепломер / Л. И. Анатычук, Л. П. Булат, Д. Д. Гуцал, А. П. Мягкота. // Приборы и техника эксперимента. – 1989. – №4. – С. 248.
17. Ладыка Р. Б. Полупроводниковые тепломеры в диагностике и лечении заболеваний суставов / Р. Б. Ладыка, Д. Н. Москаль, В. Д. Дидух // Медицинская техника. – 1992. – №6. – С. 34 – 35.
18. Применение полупроводниковых тепломеров в диагностике и лечении / Р. Б. Ладыка, О. Н. Дакалюк, Л. П. Булат, А. П. Мягкота. // 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. Термоэлектрический прибор для медико-биологической экспресс-диагностики / Ашеулов А. А., Кушнерик Л. Я. // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – №4. – 2004. – С. 38 – 39.
22. 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, 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. Гишук В. С. Електронний реєстратор сигналів сенсорів теплового потоку людини / В. С. Гишук. // Термоелектрика. – № 4. – 2012. – С. 105 – 108.
26. Гишук В. С. Електронний реєстратор з обробкою сигналів термоелектричного сенсора теплового потоку / В. С. Гишук. // Термоелектрика. – № 1. – 2013. – С. 82 – 86.
27. Гишук В. С. Модернізований прилад для вимірювання теплових потоків людини / В. С. Гишук. // Термоелектрика. – № 2. – 2013. – С. 91 – 95.
28. Термоелектричний прилад для вимірювання температури і густини теплового потоку "АЛТЕК-10008" / Анатичук Л. І., Івашук О. І., Кобылянський Р. Р., Постевка І. Д., Бодяка В. Ю., Гушул І. Я. // Термоелектрика. – № 1. – 2016. – С. 76 – 84.

Поступила в редакцію 26.06.2017

L. I. Anatyshuk^{1,2} *acad. National Academy of Sciences of Ukraine,*
O. Ye. Yuryk³, R. R. Kobylanskyi^{1,2} *Candidate Phys.-math. Sciences*
I. V. Roi³ *Doctor of Medical Sciences,*
Ya. V. Fishchenko³ *Candidate of Medical Sciences*
N. P. Slobodianiuk³, N. Ye. Yuryk³, B. S. Duda³

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

²Yu.Fedkovych Chernivtsi National University,
2, Kotsiubynskyi str., Chernivtsi, 58012, Ukraine, *e-mail: anatysh@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 lecheniie 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 diskiv. 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). *Metodologicheskiye osnovy dispanserizatsii pri zabolevaniyakh 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, standartizatsiya diagnosticheskikh i lechenno-profilakticheskikh meropriiati [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-nevrologiya: stanovleniie, problem, perspektivy [Vertebro-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 vertebro-neurological pathology: manual]*. Rostov-on-Don: Feniks [in Russian].
13. Yuryk O.Ye. (2001). *Nevrologichni proiavy osteokhondrozu: patogeneza, klinika, likuvannia [Neurological manifestations of osteochondrosis: pathogenesis, clinic, treatment]*. Kyiv: Zdorovia [in Ukrainian].

14. Anatychuk L.I. (1979). *Termoelementy i termoelektricheskie ustroystva: spravochnik* [Thermoelements and thermoelectric devices: handbook]. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
15. Anatychuk L.I., Lozinsky N.G., Mikityuk P.D., Rozver Yu.Yu. (1983). Termoelektricheskii poluprovodnikovyi teplomer [Thermoelectric semiconductor heat flow meter]. *Pribory i tekhnika eksperimenta – Instruments and Experimental Techniques*, 5, 236 [in Russian].
16. Anatychuk L.I., Bulat L.P., Gutsal D.D., Miagkota A.P. (1989). Termoelektricheskii 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). Primeneniye 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). Termoelektricheskii pribor dlia medico-biologicheskoi ekspress-diagnostiki [Thermoelectric device for medico-biological express-diagnosics]. *Tekhnologiya i konstruirovaniye v elektronnoi apparature – Technology and Design in Electronic Equipment*, 4, 38-39 [in Russian].
22. Anatychuk 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. Anatychuk 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 teplomiriv 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). Elektronnyi 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. Anatychuk 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