

В.О. Паламарчук, В.В. Войтенко, В.Й. Котовський\*, В.І. Дунаєвський\*

## ДИСТАНЦІЙНА ІНФРАЧЕРВОНА ТЕРМОГРАФІЯ ЯК ДОПОМІЖНИЙ МЕТОД У ДІАГНОСТИЦІ ТА МОНІТОРИНГУ ПООПЕРАЦІЙНИХ СТЕНОЗІВ ГОРТАНІ

*Український науково-практичний центр ендокринної хірургії, трансплантації ендокринних органів і тканин МОЗ України*

*\*Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", Київ*

### ВСТУП

Термографія – метод функціональної діагностики, що ґрунтується на реєстрації інфрачервоного випромінювання людського тіла, пропорційного його температурі. Медична термографія вивчає кореляцію між патологічним станом і наявністю термоасиметрії та температурного градієнта між зоною підвищеного або зниженого випромінювання на симетричних ділянках тіла. Аналіз термограм включає їх якісну (розподіл "гарячих" і "холодних" ділянок) і кількісну (з порівнянням показників досліджуваної ділянки з такими симетричної зони, навколишніх тканин, умовно обраної ділянки) оцінки. Характерними рисами нормальної тепловізійної картини шиї є її симетричність, незначна гіпотермія у проекції гортані та груднино-ключице-сосцеподібних м'язів, наявність гіпертермічних тяжів за ходом магістральних судин, ізотермія задньої ділянки [4, 5, 7].

На інфрачервоне випромінювання шкіри не впливають расова приналежність, ступінь пігментації та інші індивідуальні особливості, але воно залежить від особливостей васкуляризації, розбіжностей у теплопровідності та рівня метаболічних процесів, який, у свою чергу, прямо пропорційно залежить від ступеня іннервації м'язів гортані. На низці операцій показано, що термографічна картина не завжди відповідає ступеню травматичного ураження нерва. За результатами ретельного аналізу усіх проведених досліджень з урахуванням переваг і недоліків методу дистанційної інфрачервоної термографії (ДІТ) автори рекомендують широке використання методу у медичній реабілітації хворих із патологією опорно-рухової та нервової систем [2].

### МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ

Дослідження проведено із залученням пацієнтів, у яких після операції на щитоподібній

залозі (ЩЗ) виникли клінічні та інструментальні ознаки однобічного нейропатичного стенозу гортані. Проаналізовано 3 основні групи: I – 7 пацієнтів із транзиторними порушеннями рухливості елементів гортані, II – 3 пацієнти з травмою поворотного нерва III-IV ступеня за J. Sunderland і можливою спонтанною реіннервацією, III – 6 хворих із виконаною хірургічною реіннервацією гортані анастомозами n. anza cervicalis – n. recurrent і n. recurrent – n. recurrent. Групу порівняння склали 18 хворих після тиреоїдектомії без жодних поопераційних ускладнень.

Дослідження проведено із застосуванням дистанційного термографа з матричним фотоприймачем чутливістю 0,07°C розробки Інституту фізики напівпровідників ім. В.Є. Лошкарєва НАН України, Інституту монокристалів НАН України та фірми "Електрон-Оптрон" (Росія) за методикою [1]. Контрольний огляд елементів гортані виконували ендоскопічним ларингоскопом STORTZ 1100UD1 під час вільного дихання та під час фонації. Візуальний аналіз гортані включав оцінку закриття голосової щілини, позиції черпалоподібних хрящів і голосових складок, форми їх бічних поверхонь і перепаду по вертикалі. Період спостереження складав до 1 року, у середньому 7,98±1,04 міс.

Статистичний аналіз різниці  $\Delta T$  між показниками контрольної та основних груп проведено за непараметричним методом Вілкоксона із застосуванням пакета статистичних програм SPSS Statistics 17.0 для Windows. Межа статичної значущості складала  $p < 0,05$ .

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Оскільки вимірювання проводили у поопераційний період (але не раніше від 10 діб для мінімізації температурної похибки через запальний компонент), температурного випромінювання ЩЗ не було. Дослідження градієнта темпе-

ратур у пацієнтів контрольної групи визначило показники термоасиметрії у межах фізіологічної норми для хворих із видаленою ЩЗ. Різниця температур на симетричних ділянках на рівні щитоподібного хряща за відсутності неврологічних і запальних поопераційних ускладнень склала  $\Delta T = 0,16 \pm 0,03^\circ\text{C}$ . Градієнт температури по симетричних поверхнях передньої ділянки шиї не перевищував  $0,1 \dots 0,2^\circ\text{C}$  (рис. 1, табл. 1).

Пацієнтів до першої групи з імовірними транзиторними парезами гортані відбирали на підставі вірогідної інтраопераційної візуалізації поворотного гортанного нерва (ПГВ), наявності характерних ознак парезу у поопераційний період за даними відеоларингоскопії та спектрального аналізу голосу. Термоасиметрія на рівні щитоподібного хряща у ділянці бічних персне-черпалоподібних м'язів у цій групі склала  $\Delta T = 0,19 \pm 0,03^\circ\text{C}$  (табл. 1, рис. 2). Різниця показників першої групи з такими групи порівняння була невірогідною. Можна припустити, що метаболічні процеси в іннервованих ПГВ м'язах суттєво не постраждали, а це разом із даними відеоларингоскопії та спектрального аналізу голосу може вказувати на транзиторність рухових порушень гортані.

Дослідження термограм у ранній поопераційний період у пацієнтів з одностороннім поопераційним паралічем гортані виявило статистично значуще зниження температури на боці ураження ( $\Delta T = 3,4 \pm 0,16^\circ\text{C}$ ), яке таким і залишалося через 6 місяців (табл. 1, рис. 3). Можна припустити, що коли градієнт температур на симетричних ділянках перевищує  $0,2^\circ\text{C}$  (фізіологічна норма температурної асиметрії), слід думати про необоротність нейропатичного стенозу гортані.

У групі пацієнтів із хірургічною реіннервацією гортані показники інфрачервоного випромінювання на ранніх етапах спостереження відпові-

дали таким у групі пацієнтів із необоротними паралічами гортані ( $\Delta T = 2,8 \pm 0,49^\circ\text{C}$ ), натомість за результатами динамічного спостереження після проведення лікувально-реабілітаційних заходів зафіксовано зниження градієнта температур до значень, близьких до нормальних ( $\Delta T = 0,23 \pm 0,03^\circ\text{C}$ , табл.1, рис. 4). Зміни температурних показників супроводжувалися позитивною динамікою ларингоскопічної картини та характеристик голосової стабільності.

Отже, застосування сучасних інфрачервоних камер має низку переваг [6], що забезпечують дуже високу температурну чутливість і точність вимірювання температури. Використання портативних приладів нового покоління дозволяє здійснювати динамічне інфрачервоне термокартування та аналіз отримуваних термограм у вигляді тепловізійного фільму. За паралічу ПГВ термограма передньої поверхні шиї стає асиметричною зі зниженням температури на ураженому боці. За результативного лікування ми бачимо позитивну динаміку у вигляді зменшення загального градієнта термоасиметрії.

**ВИСНОВКИ**

1. На боці локалізації парезу м'язів гортані, як правило, температура є нижчою, але розбіжності температурних показників на симетричних ділянках передньої поверхні шиї за транзиторних парезів, а також після реіннервації та за відсутності поопераційних ускладнень є статистично невірогідними.

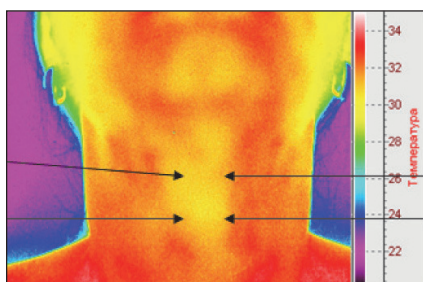
2. Градієнт температур має статистичну вірогідність за перманентних парезів гортані. Відновлення іннервації м'язів гортані (навіть без відновлення координації рухів елементів гортані) супроводжується зниженням термоасиметрії до нормальних показників симетричних ділянок передньої поверхні шиї у ділянці розташування внутрішніх м'язів гортані.

Таблиця 1

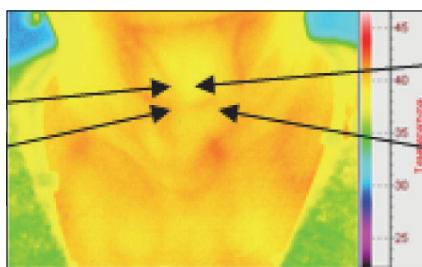
**Показники дистанційної термометрії передньої поверхні шиї у пацієнтів після тиреоїдектомії**

Група, n	Tн., °C	Tп., °C	ΔT, °C	p
Контроль, 18	35,05±0,40	34,96±0,24	0,16±0,03	
I, 7	34,07±0,38	33,62±0,38	0,19±0,03	>0,05
II, 3	36,72±0,28	33,14±0,32	3,4±0,16	<0,01
III, 6	10 діб п/о 36,83±0,51	34,03±0,41	2,8±0,49	<0,01
	6 міс. п/о 35,05±0,40	34,69±0,51	0,23±0,03	>0,05

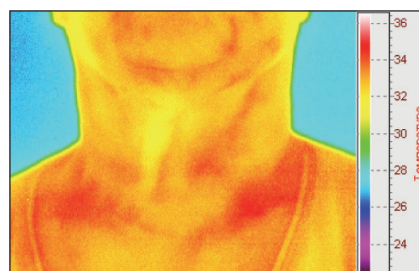
**Примітка:** Tн. – температура на неураженому боці гортані, Tп. – температура на ураженому боці гортані, ΔT – різниця температур на симетричних ділянках, p – порівняно з контролем.



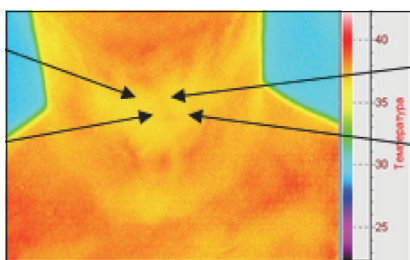
**Рис. 1.** Термограма гортані пацієнта після тиреоїдектомії без поопераційних порушень.



**Рис. 2.** Термограма пацієнта з лівобічним транзиторним парезом гортані.



**Рис. 3.** Термограма пацієнта з правобічним паралічем гортані.



**Рис. 4.** Термограма пацієнта через 6 міс. після реіннервації гортані (лівобічний анастомоз *n. fnza cervicalis – n. recurrent*).

3. Дистанційну інфрачервону термографію, яка дає досить вірогідну візуальну інформацію про метаболічні порушення за нейропатичних стенозів гортані, можна застосовувати як допоміжний діагностичний метод і для моніторингу лікувальних заходів за цієї патології.

4. Застосування у медичній практиці дистанційних термографів нового покоління високої чутливості розширює можливості методу. Питання диференційної діагностики поопераційних парезів голосових складок є предметом подальшого вивчення.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Венгер Є.Ф., Дунаєвський В.І., Коллюх О.Г., Соловійов Є.О. Тепловізійна діагностика раннього виявлення захворювань людини // Електроніка і зв'язь. – 2006. – Спецвыпуск. – С. 79-83.
2. Виноградов В.И., Веретенов И.С., Слезко В.Н. и др. Некоторые аспекты применения термографии при реабилитации пациентов с нарушением функций опорно-двигательной и нервной систем // Функциональная диагностика. – 2005. – №3. – С. 72-78.
3. Иваницкий Г.Р., Деев А.А., Хижняк Е.П. и др. Тепловидение в медицине: сравнительная оценка инфракрасных систем диапазонов длин волн 3-5 и 8-12 мкм для диагностических целей // ДАН. – 2006. – Т. 407, №2. – С. 258-262.

4. Розенфельд Л.Г., Мачулин В.Ф., Венгер Е.Ф., Колотилов Н.Н., Самохин А.В., Заболотная Д.Д., Коллюх А.Г., Дунаевский В.И., Соловьев Е.А. Дистанционная инфракрасная термография: достижения, современные возможности, перспективы // Врачебное дело. – 2008. – №5-6. – С. 119-124.
5. Ткаченко Ю.А., Голованова М.В., Овечкин А.М. Клиническая термография (обзор основных возможностей). – Нижний Новгород: Союз Восточной и Западной Медицины, 1998. – 270 с.
6. Ring E.F. Thermal Imaging Today and Its Relevance to Diabetes // Journal of Diabetes Science and Technology. – 2010. – Vol. 4, №4. – P. 857-862.

#### РЕЗЮМЕ

**Инфракрасная дистанционная термография как вспомогательный метод в диагностике и мониторинге послеоперационных стенозов гортани**

**В.А. Паламарчук, В.В. Войтенко, В.И. Котовский, В.И. Дунаевский**

Перспективно обследованы 34 пациента после тиреоидэктомии. Группа контроля состояла из 18 пациентов с отсутствием послеоперационных осложнений. Основные группы (16 человек) включали: I – 7 пациентов с транзиторными односторонними парезами гортани, II – 3 пациента с односторонними послеоперационными параличами гортани, III – 6 больных с выполненной хирургической реиннервацией гортани. Обследование проводилось на послеоперационном этапе и включало дистанционную инфракрасную термографию (ДИТ) передней поверхности шеи, видеоларингоскопию. Средний период наблюдения составил  $7,98 \pm 1,04$  мес. Анализ результатов ДИТ в послеоперационный период в контрольной группе показал термоасимметрию  $\Delta T = 0,16 \pm 0,06^\circ\text{C}$ , группа пациентов с транзиторными парезами гортани и группа пациентов после реиннервации гортани имели показатели термоасимметрии  $0,19 \pm 0,03^\circ\text{C}$  и  $0,23 \pm 0,03^\circ\text{C}$  соответственно. Группа пациентов с односторонним параличом гортани имела  $\Delta T = 3,4 \pm 0,16^\circ\text{C}$ , что достоверно отличается от группы с физиологической нормой. Различия между температурными показателями на симметричных участках гортани при транзиторных парезах горта-

ни, а также после ее реиннервации, и температурными показателями при отсутствии послеоперационных осложнений недостоверны. Градиент температур достоверен при перманентных параличах гортани. Как вспомогательный метод дистанционная инфракрасная термография может применяться и дает весьма достоверную визуальную информацию о метаболических нарушениях при нейропатических стенозах гортани.

**Ключевые слова:** тиреоидэктомия, паралич голосовых складок, дистанционная инфракрасная термография.

### SUMMARY

**Infrared remote thermography as an auxiliary method in the diagnostics and monitoring of the postoperative stenosis of larynx**

**V. Palamarchuk, V. Voytenko, V. Kotovskij, V. Dunaevskiy**

We have examined prospectively 34 patients after thyroidectomy. The control group consisted of 18 patients without postoperative complications. The main group consisted of 16 patients from the group (7 patients) with transient unilateral paresis of the larynx, the group (3 patients) with unilateral postoperative paralysis of the

larynx, and a group of 6 patients with laryngeal reinnervation surgery performed. The survey was conducted on the postoperative stage and included remote the infrared thermography (RIT) of the front of the neck, videolaryngoscopy. Average follow-up was  $7,98 \pm 1,04$  months. Analysis of the RIT results in the postoperative period in the control group and in the groups showed thermoasymmetry  $\Delta T = 0,16 \pm 0,06^\circ\text{C}$ , the group of patients with transient of the larynx paresis and a group of patients after surgery laryngeal reinnervation had thermoasymmetry records  $\Delta T = 0,19 \pm 0,03^\circ\text{C}$  and  $0,23 \pm 0,03^\circ\text{C}$  respectively. A group of patients with unilateral paralysis of the larynx had  $\Delta T = 3,4 \pm 0,16^\circ\text{C}$ , which is statistically significantly different from the group with the physiological norm. The difference between the temperature indicators on symmetrical regions of the larynx during transient paresis larynx and after reinnervation and temperature indicators without postoperative complications is statistically not significant. The temperature gradient is statistically significant by the permanent. paralysis of the larynx. Remote infrared thermography as a subsidiary method can be applied and gives a visual information about the metabolic disturbances in neuropathic stenosis of the larynx.

**Key words:** thyroidectomy, paralysis of the vocal folds, remote infrared thermography.

*Дата надходження до редакції 15.10.2013 р.*