

DOI: <https://doi.org/10.24061/2707-8728.1.2025.6>

УДК: 340.6:616-036.88"712.9":616-073.65

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ ВИМІРЮВАННЯ ТИМПАНІЧНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ В ДИНАМІЦІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ДАВНОСТІ НАСТАННЯ СМЕРТІ НА МІСЦІ ПОДІЇ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

В.І. Шилан, Т.С. Узбек

Кіровоградське обласне бюро судово-медичної експертизи МОЗ України,  
м. Кропивницький, Україна

**Резюме.** Визначення давності настання смерті є важливим аспектом судово-медичної експертизи, який дозволяє уточнити часовий інтервал між смертю людини та виявленням тіла. Показано значення зовнішнього слухового проходу, як перспективної анатомічної ділянки для визначення давності настання смерті на місці події з допомогою термометрії.

У порівняльному аспекті надано судово-медичну оцінку визначенню часу настання смерті за допомогою інфрачервоного тимпанічного термометра. Звернено увагу на метод розрахунку посмертного інтервалу, який пропонують деякі закордонні дослідники з використанням значення тимпанічної температури, виміряної інфрачервоним термометром.

**Ключові слова:** судово-медична експертиза, давність настання смерті, зовнішній слуховий прохід, тимпанічна температура.

Визначення давності настання смерті (ДНС) є важливим аспектом судово-медичної експертизи, який дозволяє уточнити часовий інтервал між смертю людини та виявленням тіла. Один із методів оцінки ДНС базується на аналізі динаміки змін температури тіла з використання термометричного методу. Традиційно для вимірювання температури тіла трупа використовують пряму кишку, печінку та головний мозок. Вищезазначені методи дослідження давності настання смерті мають як переваги, так і недоліки. Однак, однією з основних проблем, яка значно обмежує застосування термометричного методу для визначення ДНС, є те, що експерт, який проводить дослідження тіла на місці його виявлення, змушений працювати в умовах «наосліп» – не маючи жодних вихідних температурних даних трупа до настання смерті. Низка факторів екзогенного та ендогенного характеру може значно вплинути на динаміку зміни температури трупа на місці події. Річ у тому, що температура тіла людини не є абсолютно сталою і навіть у повністю здорових осіб може змінюватися протягом доби під впливом фізіологічних ритмів, рівня фізичної активності та інших факторів.

Залежність динаміки посмертної температури тіла від різних умов була досліджена ще F. Womack. Він вказував на фактори, які ускладнюють визначення часу смерті. Серед них: нестабільність зовнішньої температури, невідомість температури тіла на момент смерті, а також зміни положення та стану тіла після смерті. Температура навколишнього середовища є ключовим фактором, який потрібно враховувати з особливою ретельністю. Важливо точно фіксувати всі її коливання. Варто зазначити, що повна стабільність температурного режиму можлива лише в термокамері, тоді як у звичайних умовах це практично недосяжно. У випадку патологічних станів ці коливання можуть бути ще більш вираженими, що робить температуру важливим діагностичним показником. Випадки, коли експерт не володіє точними даними про коливання температури повітря, хоча й можуть бути проаналізовані, усе ж створюють значні труднощі. Не менш важливим фактором є причина смерті. Ще у 1863 році Dr. W.B. Richardson відзначив, що «...втрата крові при смерті від кровотечі, незалежно від того, куди вона витікала – у порожнину тіла чи назовні, – спричиняє швидке охолодження тіла». Подібну думку висловлював і Ністен, зазначаючи, що «...тіла осіб, які померли від асфіксії внаслідок удушення, повішення чи вдихання вуглекислого газу, можуть залишатися теплими від 2 до 48 годин після смерті, а інколи навіть до трьох діб, перш ніж

повністю охолонуть». Нормальна температура тіла є досить індивідуальним показником. Наприклад, ректальна температура у живих людей може коливатися в межах 34,2-37,6 °С. У дітей вона дещо вища, ніж у дорослих, і становить 37,5-38 °С. У жінок температура тіла може змінюватися залежно від фази менструального циклу. У деяких випадках патологічні стани, що розвиваються безпосередньо перед смертю, супроводжуються суттєвими відхиленнями температури тіла від фізіологічної норми. Наприклад, зафіксовані випадки зниження зажиттєвої температури до 33,3 °С при отруєнні фенолом, до 29,0 °С у разі комбінованої травми з переломом VI шийного хребця та масивним крововиливом під павутинну оболонку спинного мозку, а також при смерті від переохолодження. У протилежних ситуаціях температура тіла на момент смерті може бути підвищеною. Це спостерігається, наприклад, при отруєннях стрихніном або чадним газом, деяких травмах шийного відділу спинного мозку, а також при смерті від правця, теплового удару чи сонячного удару.

Таким чином, смерть людини може настати як при нормальній температурі тіла, так і при її відхиленнях – підвищенні або зниженні. Урахування порушень температурної сталості в тілі є складним завданням і потребує індивідуального підходу залежно від особливостей конкретного випадку.

Окрім цього, складність визначення ДНС термометричним методом обумовлена неможливістю визначити вихідну температурну цифру трупа, тобто зажиттєву температуру. Процес посмертного охолодження тіла починається з моменту, коли температура тіла у визначеній ділянці вимірювання починає знижуватися від значень, характерних для стану життя. Саме до цих зажиттєвих значень температури дослідники здійснюють спроби «відновити» траєкторію охолодження тіла, повертаючись у часі від поточної температури назад до моменту, коли температура відповідала зажиттєвій нормі. Це базові дані, що необхідні для математичних розрахунків давності настання смерті [1].

Для точного визначення часу смерті важливо дотримуватися низки організаційних правил під час проведення термометричної процедури, особливо забезпечувати сталість умов, у яких перебуває тіло. Наприклад, зміна початкового положення тіла може спричинити серйозні похибки у визначенні давності смерті, що значно знижує надійність і доказовість експертного дослідження загалом [2].

Враховуючи усі вищезазнані аспекти суттєвого впливу на формування температурної кривої, варто зазначити, що «золоті стандарти» методів посмертної термометрії справедливо піддаються критиці рядом дослідників. Так, введення голчастого датчика термометра в тканини печінки або головного мозку є інвазійною процедурою, яка порушує їхню цілісність. Така травматизація може ускладнити подальшу діагностику причин смерті, оцінку зажиттєвих ушкоджень і вирішення інших питань, що виникають під час проведення розтину. Не варто забувати і про порушення гуманістичних аспектів даного діагностичного методу. Одним із можливих рішень цієї проблеми є застосування не інвазійних методів вимірювання температури, таких як тимпанічна термометрія, яка передбачає визначення температури тіла у внутрішній частині зовнішніх слухових проходів [3].

Внутрішньовушна термометрія має низку переваг: вона зручна у використанні, слуховий прохід завжди відкритий і не закритий одягом, знаходиться поруч зі структурами черепа, що забезпечує більш точну оцінку залишкової температури тіла, має меншу залежність від масивності м'язів і жирових тканин порівняно з іншими ділянками тіла (наприклад, прямою кишкою), а процедура виключає ризик ушкодження тканин або втрати слідів біологічних рідин та виглядає менш травматичною і більш гуманною [4].

Дослідження Vassino та ін. (1996) показали, що найточніше виміряти тимпанічну температуру можна в зоні, максимально близькій до барабанної перетинки. Однак, результати можуть залежати від кількох факторів: початкової температури термометра, вікових змін структури слухового каналу та руху повітря в ньому. Температура в слуховому проході може відхилятися від температури тіла на 3°C у будь-який момент часу.

Дослідження Ratty (2004) підкреслює, що наявність сторонніх матеріалів, таких як

вода чи кров, може суттєво впливати на вимірювання температури голови, що особливо важливо у судово-медичних дослідженнях. У цьому випадку вивчали вплив зовнішніх і внутрішніх факторів середовища на охолодження зовнішнього слухового проходу. Основні висновки включають: вільне сполучення з повітрям (якщо слухові проходи вільно сполучаються з повітрям, то їх охолодження відбувається рівномірно з обох боків); врахування умов навколишнього середовища (розглядали такі параметри, як стан тіла при перебуванні на місці події, вологість повітря та його рух); відсутність значущої різниці (навіть за зміни початкових умов, таких як температура тіла та навколишнього середовища, статистично значущих відмінностей у швидкості охолодження зовнішнього слухового проходу не було виявлено). Цей результат має значення для судової медицини, оскільки вказує на відносну стабільність цього параметра за подібних умов навколишнього середовища. У 2007 році автори вивчали зміну внутрішньовушної температури у водному та повітряному середовищах на моделі голови свині, оскільки ця тварина в біологічному аспекті найбільш наближена до людини. З'ясувалося, що охолодження голови у воді відбувається швидше, а різниця у швидкості охолодження в повітрі та воді збільшується за нижчих температур. С. Cattaneo та ін. (2009) стверджують, що помилки при визначенні ДНС можуть бути пов'язані з пошкодженням барабанної перетинки та подальшою кровотечею [5].

К. Laplace та ін. (2021) описали таке ускладнення при використанні зондів термометра, у зв'язку з чим постає питання про його заміну інфрачервоним [6]. Дуже мало досліджень доступно щодо використання інфрачервоного тимпанічного термометра для оцінки посмертного інтервалу. Метою цього дослідження повинно стати спостереження за зниженням інфрачервоної тимпанічної температури відповідно до зрозумілих умов посмертного інтервалу та її порівняння із «золотим стандартом» (ректальною температурою).

Franchi, Clerc-Urnes і Martrille (2019) провели дослідження, в якому і порівняли результати вимірювань температури, виконаних за допомогою тупокінцевих та інфрачервоних термометрів. Тож автори вважають за потрібне зосередитися та більше детально розібрати методи дослідження оцінки часу настання смерті за допомогою інфрачервоного тимпанічного термометра спираючись на їхні дані. У дослідженні було залучено 117 тіл, які знаходилися в морзі університетської лікарні Нансі з 1 червня 2015 року по 1 червня 2016 року. Інфрачервону тимпанічну температуру вимірювали двічі в кожному вусі кожного тіла з подальшою перевіркою цих вимірювань і вимірюванням ректальної температури. В описаних експериментах було зафіксовано високу відтворюваність вимірювань між обома вухами одного тіла (внутрішньокласовий коефіцієнт кореляції (ICC) = 0,952), правим і лівим вухом при вимірюванні одним спостерігачем (ICC = 0,853) і різними спостерігачами (ICC = 0,830). Посмертний інтервал корелював з інфрачервоною тимпанічною температурою ( $r = -0,483$ ;  $p < 0,0001$ ) із середнім значенням  $3,79 \pm 2,38$  год [7].

Було розроблено метод розрахунку:

$$\text{Посмертний інтервал} = 16,14 - 0,39 \times \text{інфрачервона тимпанічна температура}$$

Хоча кореляція із «золотим стандартом» була значущою ( $p = 0,505$ ), вона не була пов'язана з посмертним інтервалом ( $p = 0,0702$ ) через обмеженість вибірки.

Попри те, що вимірювання проводили на ранніх і поодиноких часових точках після смерті, ці результати статистично вірогідні. Вони можуть вплинути на судово-медичну спільноту, привернувши увагу дослідників до оцінки періоду часу з моменту смерті та розробки простого й не інвазивного методу, який може використовуватися навіть слідчими на місці події. Немає сумнівів, що використання не інвазивного, доступного місця для показань температури, яке не спотворює інші речові докази, є вигідним, особливо коли показано, що воно можна порівняти з методами, які використовують інші ділянки тіла [7].

Отже, зовнішній слуховий прохід є перспективною анатомічною областю визначення давності настання смерті на місці події з допомогою термометрії. Використання даних

вимірювання для оцінки динаміки змін тимпанічної температури є зручним та ефективним інструментом для визначення давності настання смерті, особливо в умовах обмеженого доступу до лабораторних досліджень. Для підвищення точності доцільно використовувати метод у поєднанні з іншими підходами, такими як ректальна температура чи стадії трупних змін, проте нині потрібно подальше вивчення даного методу та розробки найбільш точної математичної моделі розрахунків.

### Література

1. Locci E, Franceschetti A, Isaza C, Monza A, Tuveri A, De-Giorgio F, et al. Reconstructing the time since death using noninvasive thermometry and numerical analysis. *Sci Adv.* 2020;6(24):eaba4243. DOI:10.1126/sciadv.aba4243
2. Holder T, Hooper FSW, Yates D, Tse Z, Patil S, Moussa A, Batten L, Radhakrishnan V, Allison M, Hewitt C, Keding A, Forshaw G, Jayagopal V. Clinical accuracy of infrared temperature measurement devices: a comparison against non-invasive core-body temperature. *Clin Med (Lond).* 2023 Mar;23(2):157-163. DOI: 10.7861/clinmed.2022-0252. PMID: 36958833; PMCID: PMC11046542.
3. Schmid SM, Büscher W, Steinhoff-Wagner J. Suitability of Different Thermometers for Measuring Body Core and Skin Temperatures in Suckling Piglets. *Animals (Basel).* 2021 Apr 2;11(4):1004. DOI: 10.3390/ani11041004. PMID: 33918530; PMCID: PMC8067076.
4. Mah AJ, Ghazi Zadeh L, Khoshnam Tehrani M, Askari S, Gandjbakhche AH, Shadgan B. Studying the Accuracy and Function of Different Thermometry Techniques for Measuring Body Temperature. *Biology (Basel).* 2021 Dec 15;10(12):1327. DOI: 10.3390/biology10121327. PMID: 34943242; PMCID: PMC8698704.
5. Cattaneo C, Di Giancamillo A, Campari O, et al. Infrared tympanic thermography as a substitute for a probe in the evaluation of ear temperature for post-mortem interval determination: a pilot study. *J Forensic Leg Med.* 2009;16:215–7. DOI:10.1016/j.jflm.2008.10.005
6. Laplace K, Baccino E, Peyron PA. Estimation of the time since death based on body cooling: a comparative study of four temperature-based methods. *Int J Legal Med.* 2021;135:2479–87. DOI:10.1007/s00414-021-02629-5
7. **HYPERLINK** ["https://www.researchgate.net/profile/Angelique-Franchi?\\_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19"](https://www.researchgate.net/profile/Angelique-Franchi?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19) Franchi A, Clerc-Urmès I, Martrille L. Estimating the time of death with infrared tympanic thermometer: a new prospective study in France. *International Journal of Legal Medicine.* 2020;134(2):591-5. DOI:10.1007/s00414-019-02078-1

### References

1. Locci E, Franceschetti A, Isaza C, Monza A, Tuveri A, De-Giorgio F, et al. Reconstructing the time since death using noninvasive thermometry and numerical analysis. *Sci Adv.* 2020;6(24):eaba4243. DOI:10.1126/sciadv.aba4243
2. Holder T, Hooper FSW, Yates D, Tse Z, Patil S, Moussa A, Batten L, Radhakrishnan V, Allison M, Hewitt C, Keding A, Forshaw G, Jayagopal V. Clinical accuracy of infrared temperature measurement devices: a comparison against non-invasive core-body temperature. *Clin Med (Lond).* 2023 Mar;23(2):157-163. DOI: 10.7861/clinmed.2022-0252. PMID: 36958833; PMCID: PMC11046542.
3. Schmid SM, Büscher W, Steinhoff-Wagner J. Suitability of Different Thermometers for Measuring Body Core and Skin Temperatures in Suckling Piglets. *Animals (Basel).* 2021 Apr 2;11(4):1004. DOI: 10.3390/ani11041004. PMID: 33918530; PMCID: PMC8067076.
4. Mah AJ, Ghazi Zadeh L, Khoshnam Tehrani M, Askari S, Gandjbakhche AH, Shadgan B. Studying the Accuracy and Function of Different Thermometry Techniques for Measuring Body Temperature. *Biology (Basel).* 2021 Dec 15;10(12):1327. DOI: 10.3390/biology10121327. PMID: 34943242; PMCID: PMC8698704.

5. Cattaneo C, Di Giancamillo A, Campari O, et al. Infrared tympanic thermography as a substitute for a probe in the evaluation of ear temperature for post-mortem interval determination: a pilot study. *J Forensic Leg Med.* 2009;16:215–7. DOI:10.1016/j.jflm.2008.10.005
6. Laplace K, Baccino E, Peyron PA. Estimation of the time since death based on body cooling: a comparative study of four temperature-based methods. *Int J Legal Med.* 2021;135:2479–87. DOI:10.1007/s00414-021-02629-5
7. HYPERLINK "https://www.researchgate.net/profile/Angelique-Franchi?\_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19"Franchi A, Clerc-Urmès I, Martrille L. Estimating the time of death with infrared tympanic thermometer: a new prospective study in France. *International Journal of Legal Medicine.* 2020;134(2):591-5. DOI:10.1007/s00414-019-02078-1

## PROSPECTS FOR USING DYNAMIC TYMPANIC TEMPERATURE MEASUREMENTS TO DETERMINE THE TIME OF DEATH AT THE SCENE (A LITERATURE REVIEW)

V. Shylan, T. Uzbek

Kirovohrad Regional Bureau of Forensic Medical Examination, Ministry of Health of Ukraine, Kropyvnytskyi, Ukraine

**Abstract.** Determining the time of death is an important aspect of forensic medical examination, allowing experts to narrow the time interval between a person's death and the discovery of the body. This review highlights the external auditory canal as a promising anatomical area for estimating the time of death at the scene using thermometry.

A forensic comparative assessment is provided on determining the time of death using an infrared tympanic thermometer. The paper draws attention to the method for calculating the postmortem interval proposed by several foreign researchers based on tympanic temperature readings obtained via infrared thermometers.

**Keywords:** forensic medical examination, time of death estimation, external auditory canal, tympanic temperature.

### Відомості про авторів:

**Шилан В.І.** – начальник ДСУ «Кіровоградське обласне бюро судово-медичної експертизи», м. Кропивницький, Україна, e-mail: shilanvi58@gmail.com

**Узбек Т.С.** – лікар судово-медичний експерт відділу комісійних судово-медичних експертиз ДСУ «Кіровоградське обласне бюро судово-медичної експертизи», м. Кропивницький, Україна, e-mail: tatianauzbek22@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9709-3869>

### Information about authors:

**Shylan V.I.** – Head of the State Institution "Kirovohrad Regional Bureau of Forensic Medical Examination," Kropyvnytskyi, Ukraine, e-mail: shilanvi58@gmail.com

**Uzbek T.S.** – Forensic Medical Examiner, Department of Commission Forensic Medical Examinations, State Institution "Kirovohrad Regional Bureau of Forensic Medical Examination," Kropyvnytskyi, Ukraine, e-mail: tatianauzbek22@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9709-3869>