

Судебно-медицинская экспертиза
2022, №2 с. 16–19
<https://doi.org/10.17116/sudmed20226502116>

Sudebno-meditsinskaya ekspertiza
2022, No.2, pp. 16–19
<https://doi.org/10.17116/sudmed20226502116>

Диагностика давности наступления смерти и особенности проведения судебно-медицинской экспертизы при посмертном оледенении трупа

© А.А. ХАЛИКОВ¹, Е.М. КИЛЬДЮШОВ², К.О. КУЗНЕЦОВ¹, Д.С. КОМЛЕВ¹, Л.В. ХАЛИКОВА¹

¹ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет», Уфа, Россия;

²ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова», Москва, Россия

Резюме

Цель исследования — обобщить информацию о диагностике давности наступления смерти (ДНС) и особенностях проведения судебно-медицинского исследования при посмертном оледенении трупа. На территории большинства регионов Российской Федерации в осенне-зимний период происходит значительное понижение температуры окружающей среды, что делает данную тему актуальной. Подробно описаны механизмы замерзания клеток и тканей человека, методы диагностики ДНС, особенности проведения экспертизы при посмертном оледенении, а также намечены направления дальнейших исследований в этой области.

Ключевые слова: оледенение трупа, определение давности наступления смерти, замерзание, виртуальная аутопсия, оттаивание.

Информация об авторах:

Халиков А.А. — <https://orcid.org/0000-0003-1045-5677>; e-mail: airat.expert@mail.ru
Кильдюшов Е.М. — <https://orcid.org/0000-0001-7571-0312>; e-mail: kem1967@bk.ru
Кузнецов К.О. — <https://orcid.org/0000-0002-2405-1801>; e-mail: kirillkuznetsov@aol.com
Комлев Д.С. — <https://orcid.org/0000-0003-4180-5326>; e-mail: komlevds@mail.ru
Халикова Л.В. — <https://orcid.org/0000-0001-6222-4390>; e-mail: kaf-gist@bashgmu.ru
Автор, ответственный за переписку: Кузнецов К.О. — e-mail: kirillkuznetsov@aol.com

Как цитировать:

Халиков А.А., Кильдюшов Е.М., Кузнецов К.О., Комлев Д.С., Халикова Л.В. Диагностика давности наступления смерти и особенности проведения судебно-медицинской экспертизы при посмертном оледенении трупа. *Судебно-медицинская экспертиза*. 2022;65(2):16–19. <https://doi.org/10.17116/sudmed20226502116>

Diagnostics of the presence of once of death and peculiarities of performance of the forensic medical examination in post-mortem facial condition

© А.А. KHALIKOV¹, Е.М. KILDYUSHOV², К.О. KUZNETSOV¹, Д.С. KOMLEV¹, Л.В. KHALIKOVA¹

¹Bashkir State Medical University, Ufa, Russia;

²Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

Abstract

The purpose of the research is to summarize the current information about post-mortem interval (PMI) estimating and the peculiarities of the forensic medical examination in postmortem glaciation of the corpse. On the territory of most regions of the Russian Federation, the autumn-winter period passes with a significant decrease in ambient temperature, which makes this topic relevant. The article describes in detail the mechanisms of freezing of human cells and tissues, methods for diagnosing PMI, the peculiarities of the examination in postmortem glaciation, and also put forward directions for further research.

Keywords: freezing of a corpse, post-mortem interval estimating, freezing, virtual autopsy, thawing.

Information about the authors:

Khalikov A.A. — <https://orcid.org/0000-0003-1045-5677>; e-mail: airat.expert@mail.ru
Kildyushov E.M. — <https://orcid.org/0000-0001-7571-0312>; e-mail: kem1967@bk.ru
Kuznetsov K.O. — <https://orcid.org/0000-0002-2405-1801>; e-mail: kirillkuznetsov@aol.com
Komlev D.S. — <https://orcid.org/0000-0003-4180-5326>; e-mail: komlevds@mail.ru
Khalikova L.V. — <https://orcid.org/0000-0001-6222-4390>; e-mail: kaf-gist@bashgmu.ru
Corresponding author: Kuznetsov K.O. — e-mail: kirillkuznetsov@aol.com

To cite this article:

Khalikov AA, Kildyushov EM, Kuznetsov KO, Komlev DS, Khalikova LV. Diagnostics of the presence of once of death and the peculiarities of performance of the forensic medical examination in post-mortal facial condition. *Sudebno-meditsinskaya ekspertiza*. 2022;65(2):16–19. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/sudmed20226502116>

Проблема диагностики давности наступления смерти (ДНС) всегда актуальна для судебных медиков. Сегодня судебно-медицинские эксперты используют много способов и методов, которые помогают в решении этой задачи и значительно облегчают определение ДНС [1]. Остается еще много нерешенных задач. Так, практически отсутствуют данные о методах определения ДНС и особенностях проведения экспертизы при посмертном оледенении трупа. На территории большинства регионов Российской Федерации в осенне-зимний период происходит значительное понижение температуры окружающей среды, трупы могут подвергаться оледенению в посмертном периоде, что может затруднять диагностику ДНС. В некоторых ситуациях замораживание трупов используется с целью сокрытия преступления [2, 3].

Цель исследования — обобщение актуальной на сегодняшний день информации о диагностике ДНС и особенностях проведения судебно-медицинского исследования при посмертном оледенении трупа.

Влияние замораживания на клетки и ткани организма человека *in vitro*

Рассмотрим влияние заморзания на отдельно взятую клетку человека в изотонической среде. Осмотическое давление во внеклеточной жидкости в норме должно быть изотоническим, чтобы не произошло набухания или сморщивания клетки. Если клетку в изотонической среде охладить до минусовых температур, образуются кристаллы льда, это приводит к тому, что среда становится гипертонической, так как вода извлекается путем превращения в лед. Чем ниже опускается температура, тем больше образуется кристаллов льда и, соответственно, увеличивается осмотическое давление. Клетка может реагировать на такие изменения двумя способами [4]: 1) если процесс заморзания развивается медленно и гидравлическая проницаемость мембраны высокая, жидкость начинает выходить из клетки во внеклеточное пространство и клетка сморщивается; 2) если процесс заморзания развивается быстро и гидравлическая проницаемость низкая, клетка замораживается изнутри.

Эффекты, которые наблюдают при замораживании отдельных клеток, применимы и к тканям. Во время замораживания общий объем клеток в ткани уменьшается в результате их сморщивания, но общий объем ткани увеличивается за счет кристаллов льда. Таким образом, возникает механическое растяжение ткани, которое вызывает разрушение межклеточных связей [5]. При оттаивании поток жидкости устремляется обратно в клетки и вызывает разрыв мембраны, что суммируется с прямым повреждением мембраны, вызванным кристаллами льда. Общий эффект этих процессов — сморщивание клеток, фрагментация тканей, накопление внеклеточной жидкости и лизис клеток [6].

Экспертное исследование трупа с посмертным оледенением

Исследование оледеневшего трупа невозможно без его искусственного оттаивания [7]. Процесс оттаивания может происходить естественным путем при смене температуры окружающей среды. Замораживание и последующее оттаивание оставляют после себя как макроскопические, так и микроскопические признаки в тканях, которые можно обнаружить, обладая соответствующими знаниями. Существенно меняется процесс посмерт-

ного разложения трупа [8]. После оледенения с последующим оттаиванием холод снижает активность кишечных микроорганизмов, и анаэробное разложение происходит медленнее, чем в свежих трупах, но аэробное разложение и активность насекомых приносят более существенный ущерб, так как снижается структурная целостность кожи и соединительной ткани. Следовательно, оледеневшее тело после оттаивания разлагается снаружи внутрь, а не наоборот, как происходит в других случаях [2]. Описаны такие макроскопические признаки оледенения с последующим оттаиванием, как наличие темно-красной жидкости в полостях тела [3], кровянистые выделения из ноздрей [6], формирование псевдокровоподтеков, которые могут имитировать травматическое повреждение [9].

В тканях трупа можно наблюдать так называемые артефакты заморзания, которые могут свидетельствовать о предшествующем оледенении. Это результат образования пространств в ткани из кристаллов льда и реакций отдельных клеток на понижение температуры. Последующее оттаивание частично возвращает ткани в нормальное состояние, но остаются следы повреждения, которые связаны с изменением осмотического давления внутри клетки [10, 11]. Известны характерные гистологические признаки оледенения с последующим оттаиванием [12]: избыточное скопление внеклеточной жидкости, сморщивание клеток, дефекты окрашивания, гемолиз и образование гематина.

Предшествующее оледенение можно подтвердить путем определения активности фермента 3-гидроксиацил-КоА дегидрогеназа (SHAD). Этот метод разработан для оценки качества мяса в пищевой промышленности, но нашел свое применение и в судебной медицине [13, 14].

В отдельных случаях посмертное оледенение помогает установить причину смерти. Например, в литературе [3, 7] приведены случаи, когда при оттаивании оледеневших трупов наблюдали выделение пены из ноздрей, что позволило предположить механическую асфиксию как возможную причину смерти.

Способы диагностики ДНС в условиях посмертного оледенения трупа

Е.О. Нацентов [15] выделил три последовательные фазы в диагностике ДНС при оледенении трупа:

1) охлаждение трупа — от момента наступления смерти до достижения температуры фазового перехода ($1,332 \pm 0,027$ °C);

2) состояние фазового перехода — от момента достижения температуры фазового перехода до достижения полного оледенения;

3) охлаждение оледеневшего тела — от момента достижения полного оледенения до момента достижения температуры окружающей среды.

Каждая из фаз имеет соответствующую длительность, которая зависит от пола, возраста, одежды и наличия алкоголя в крови трупа. Автор разработал последовательный алгоритм действий, направленный на определение времени пребывания трупа в условиях отрицательной температуры воздуха окружающей среды с помощью математической модели; статистическая ошибка не превышает 10%. Он также описал способ экспериментального определения ДНС методом обратной аппроксимации: за время заморзания трупа принимали время, которое затрачивается на оттаивание. Такой метод оказался эффективным.

K.L. Strokes и соавт. [16] проводили исследование, в котором замороженную мышечную ткань человека помещали в почву различных видов, затем производили анализ химического состава почвы. Обнаружили, что электролиты, катионы и анионы, высвобождающиеся во время разложения мышечной ткани под действием внутриклеточных ферментов, переходят в растворимые ионы, что увеличивает электропроводность почвы, в результате повышается концентрация PO_4 , K, NH_4 , NO_3 . В данном исследовании была подтверждена гипотеза зависимости NH_4 и pH, которая была предложена D.W. Hopkins и соавт. [17]: уменьшение NH_4 , связанное с иммобилизацией микроорганизмов и нитрификацией в результате оледенения, опережало аммонификацию через 16 дней. Результаты этого исследования можно использовать в диагностике ДНС при посмертном оледенении, если труп находился в почве. Перспективной является возможность дальнейших исследований в этой сфере: например, погребение целого трупа либо его частей с дальнейшим анализом химического состава почвы и оценкой роста микроорганизмов.

Виртуальная аутопсия и посмертное оледенение

Сегодня в зарубежных странах [18] и РФ [19] все большую популярность набирает так называемая виртуальная аутопсия с использованием лучевых методов исследования. Без внимания не осталась проблема диагностики факта бывшего оледенения и определения ДНС с помощью виртуальной аутопсии. S.A. Bolliger и соавт. [20] подробно описали артефакты заморзания, характерные для виртуальной аутопсии. Эти данные были подтверждены гистологическим методом. Наиболее достоверным индикатором заморзания явилось обнаружение крошечных пузырьков в мозге на компьютерной томограмме (КТ) и при магнитно-резонансной томографии (МРТ). Имеются данные [21], что при проведении виртуальной аутопсии трупа, который подвергался оледенению и оттаиванию, плотность ткани мозга более низкая по сравнению с плотностью нормальной ткани. В результате судебно-медицинский эксперт может ошибочно полагать, что эти изменения — следствие отека головного мозга, возникшего

в результате инсульта [22, 23], жировой или тромбоэмболии сосудов мозговых артерий [24].

C. O'Donnel и соавт. [25] привели данные о возможности появления кристаллов льда в печени и селезенке на посмертной КТ. Согласно их исследованию, эффект замораживания влияет на печень и селезенку и проявляется образованием кристаллов льда в тканях органов, которые можно обнаружить при виртуальной аутопсии.

D. Gascho и соавт. [26] провели исследование с применением одиночного воксельного протона MRS (H-MRS) на стандартном аппарате МРТ. Измерения проводили в мышечной ткани и костном мозге бедра экспериментальным методом на лапах овец после помещения их в морозильную камеру при температуре -20°C . Эффект оледенения с последующим оттаиванием оценивали по изменению времени релаксации и коэффициенту пиковой площади. Выявили значительные различия в значениях исследованных показателей в контрольной группе и ткани, которая подверглась оледенению с последующим оттаиванием. Установили также различия в липидном спектре в зависимости от ДНС. Результаты исследования могут быть использованы в практическом аспекте для диагностики ДНС, но требуются дополнительные исследования на трупах людей.

Заключение

Проведенное исследование показало, что процесс заморзания клеток и тканей человека изучен достаточно подробно, но методов, которые позволяли бы с высокой точностью и малыми затратами определять ДНС при оледенении трупа, недостаточно. С данной проблемой наиболее часто сталкиваются судебно-медицинские эксперты северных регионов нашей страны в зимнее или весеннее время года. Необходимы дальнейшие исследования в этой области и разработка новых методов определения ДНС, основанных, например, на возможности биофизической объективизации тканей трупа, подверженного оледенению [27].

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interest.**

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Буромский И.В., Сидоренко Е.С., Ермакова Ю.В. Современное состояние и пути дальнейшего совершенствования установления давности наступления смерти. *Судебно-медицинская экспертиза*. 2018;61(4):59-62. Buromskij IV, Sidorenko ES, Ermakova YuV. The current state and ways of further improving the establishment of the prescription of death. *Sudebno-meditinskaya ekspertiza*. 2018;61(4):59-62. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/sudmed201861459>
2. Zugibe FT, Costello JT. The Iceman murder: one of a series of contract murders. *J Forensic Sci*. 1993;38(6):1404-1408.
3. Tabata N, Morita M, Azumi J. A frozen newborn infant: froth in the air-passage after thawing. *Forensic Sci Int*. 2000;108(1):67-74. [https://doi.org/10.1016/S0379-0738\(99\)00199-1](https://doi.org/10.1016/S0379-0738(99)00199-1)
4. Schäfer AT, Kaufmann JD. What happens in freezing bodies? Experimental study of histological tissue change caused by freezing injuries. *Forensic Sci Int*. 1999;102(2-3):149-158. [https://doi.org/10.1016/S0379-0738\(99\)00043-2](https://doi.org/10.1016/S0379-0738(99)00043-2)
5. Zappi EA, Zappi E. «Freezing artifacts» in human tissue samples: Their formation and prevention. *Cryobiology*. 1981;18(3):301-305. [https://doi.org/10.1016/0011-2240\(81\)90101-2](https://doi.org/10.1016/0011-2240(81)90101-2)
6. Micozzi MS. Experimental study of post-mortem change under field conditions: Effects of freezing, thawing, and mechanical injury. *J Forensic Sci*. 1986;31:953-961.
7. Kozawa S, Kakizaki E, Yukawa N. Autopsy of two frozen newborn infants discovered in a home freezer. *Leg Med (Tokyo)*. 2010;12(4):203-207. <https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2010.04.002>
8. Olsen TB, Leth PM. Homicide victims concealed in a freezer. *Forensic Sci Med Pathol*. 2018;14(3):386-389. <https://doi.org/10.1007/s12024-018-9988-4>
9. Roe WD, Gartrell BD, Hunter SA. Freezing and thawing of pinniped carcasses results in artefacts that resemble traumatic lesions. *The Veterinary J*. 2012;194(3):326-331. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2012.03.028>
10. Mazur P. Freezing of living cells: mechanisms and implications. *Am J Physiol*. 1984;247(3):125-142. <https://doi.org/10.1152/ajpcell.1984.247.3.C125>
11. Meryman HT. General principles of freezing and freezing injury in cellular materials. *Ann NY Acad Sci*. 1960;85:503-509.
12. Baraibar MA, Schoning P. Effects of freezing and frozen storage on histological characteristics of canine tissues. *J Forensic Sci*. 1985;30:439-447.

13. Fanton L, Yappo-Ette H, Vianey-Saban C, Malicier D. Homicide followed by freezing and burning: usefulness of measuring SCHAD (short-chain 3-hydroxyacyl-CoA dehydrogenase) activity. *J Clin Forensic Med.* 2006;13(6-8):339-340.
<https://doi.org/10.1016/j.jcfm.2006.06.005>
14. Miras A, Yapo-Ette H, Vianey-Saban C, Malicier D, Fanton L. Method for determining if a corpse has been frozen: measuring the activity of short-chain 3-hydroxyacyl-CoA dehydrogenase (SCHAD). *Forensic Sci Int.* 2001;124(1):22-24.
[https://doi.org/10.1016/s0379-0738\(01\)00566-7](https://doi.org/10.1016/s0379-0738(01)00566-7)
15. Нацентов Е.О. *Диагностика давности смерти при оледенении трупа*: Дис. ... канд. мед. наук. Ижевск. 2006.
Nacentov EO. *Diagnostika давности смерти pri oledenении trupa*: Dis. ... kand. med. nauk. Izhevsk. 2006. (In Russ.).
16. Stokes KL, Forbes SL, Tibbett M. Freezing skeletal muscle tissue does not affect its decomposition in soil: evidence from temporal changes in tissue mass, microbial activity and soil chemistry based on excised samples. *Forensic Sci Int.* 2009;183(1-3):6-13.
<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2008.08.013>
17. Hopkins DW, Patricia Turner BD. Microbial characteristics of soils from graves: An investigation at the interface of soil microbiology and forensic science. *Applied Soil Ecology.* 2000;14:283-288.
[https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(00\)00063-9](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(00)00063-9)
18. Bolliger SA, Thali MJ, Ross S, Buck U, Naether S, Vock P. Virtual autopsy using imaging: bridging radiologic and forensic sciences. A review of the Virtopsy and similar projects. *Eur Radiol.* 2008;18(2):273-282.
<https://doi.org/10.1007/s00330-007-0737-4>
19. Клевно В.А., Чумакова Ю.В. Виртопсия — новый метод исследования в практике отечественной судебной медицины. *Судебная медицина.* 2019;5(2):27-31.
Klevno VA, Chumakova YuV. *Viropsia — a new research method in the practice of Russian forensic medicine. Sudebnaya meditsina.* 2019;5(2):27-31. (In Russ.).
20. Bolliger SA, Tomasin D, Heimer J, Richter H, Thali MJ, Gascho D. Rapid and reliable detection of previous freezing of cerebral tissue by computed tomography and magnetic resonance imaging. *Forensic Sci Med Pathol.* 2018;14(1):85-94.
<https://doi.org/10.1007/s12024-018-9955-0>
21. Sugimoto M, Hyodoh H, Rokukawa M, Kanazawa A, Murakami R, Shimizu J, Okazaki S, Mizuo K, Watanabe S. Freezing effect on brain density in postmortem CT. *Leg Med (Tokyo).* 2016;18:62-65.
<https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2015.12.007>
22. Takahashi N, Lee Y, Tsai DY, Ishii K, Kamio S. Improvement of detection of early CT signs in hyperacute stroke using a novel noise reduction filter. *Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi.* 2008;64(7):881-882. (In Japanese).
<https://doi.org/10.6009/jirt.64.881>
23. Saito H, Katsuragawa S, Hirai T, Kakeda S, Kourogi Y. A computerized method for detection of acute cerebral infarction on CT images. *Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi.* 2010;66:1169-1177. (In Japanese).
24. Uchiyama Y, Katsuragawa S, Abe H, Shiraishi J, Li F, Li Q, Zhang CT, Suzuki K, Doi K. Quantitative computerized analysis of diffuse lung disease in high-resolution computed tomography. *Med Phys.* 2003;30(9):2440-2454.
<https://doi.org/10.1118/1.1597431>
25. O'Donnell C, Bedford P, Burke M. Massive hemoperitoneum due to ruptured ectopic gestation: postmortem CT findings in a deeply frozen deceased person. *Leg Med (Tokyo).* 2011;13(5):245-249.
<https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2011.05.006>
26. Gascho D, Richter H, Karampinos DC, Heimer J, Schaerli S, Thali MJ, Zoelch N. Noninvasive in situ proton MRS in muscle tissue and bone marrow as a novel approach to identify previous freezing in a completely thawed cadaver. *NMR Biomed.* 2020;33(2):e4220.
<https://doi.org/10.1002/nbm.4220>
27. Халиков А.А., Вавилов А.Ю. *Диагностика давности механической травмы в судебной медицине биофизическими способами*. Ижевск: Экспертиза; 2007.
Halikov AA, Vavilov AJu. *Diagnostica давности mehanicheskoi travmy v sudebnoy medicine biofizicheskimi sposobami.* Ijevsk: Ekspertiza; 2007. (In Russ.).

Поступила 15.05.2021

Received 15.05.2021

Принята в печать 16.06.2021

Accepted 16.06.2021