

ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАЖИТТЄВОСТІ СТРАНГУЛЯЦІЙНОЇ БОРОЗНИ ПРИ МЕХАНІЧНІЙ АСФІКСІЇ ЯК ПОКАЗНИК РОЗВИТКУ СУДОВО-МЕДИЧНОЇ НАУКИ

Варфоломеев С. А., Плетенецька А. О., Бондар С. С.

Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, м. Київ, Україна

Резюме. Смерть унаслідок механічної асфіксії займає одне з провідних місць у структурі насильницької смерті. Серед видів механічної асфіксії найрозповсюдженою є странгуляційна механічна асфіксія, до якої відносять повішення, задушення петлею та задушення руками. Вирішення проблеми зажиттєвості механічної асфіксії лишається актуальним в практичній роботі судово-медичних експертів. Під час странгуляційної механічної асфіксії найбільш розповсюдженими та ефективними є методи вивчення змін у межах локальних ушкоджень в ділянці шиї, наприклад в ділянці странгуляційної борозни під час повішення.

Мета роботи – висвітлити процес розвитку методів встановлення зажиттєвості странгуляційної механічної асфіксії через дослідження змін в ділянці странгуляційної борозни та визначення ефективних можливостей з вирішення цього питання на сучасному етапі розвитку судової медичної науки.

Матеріали та методи. Аналіз та синтез інформації з літературних джерел, доступних у онлайн-базах даних.

Результати. Використання лише макроскопічних та гістологічних методів дослідження змін в ділянці странгуляційної борозни може бути недостатнім для вирішення питання зажиттєвості утворення ушкоджень у ділянці шиї під час повішення через дуже короткий проміжок часу, що проходить від початку розвитку асфіктичного процесу до настання смерті. Час між початком розвитку асфіктичного процесу та настанням смерті часто є недостатнім для розвитку певної реактивної клітинної та навіть судинної відповіді. Імуногістохімічне дослідження спрямоване на виявлення початкових реактивних ознак у ділянці ушкоджень та є більш ефективним для встановлення зажиттєвості при дуже коротких проміжках часу між спричиненням ушкодження та настанням смерті. Під час странгуляційної механічної асфіксії важливі результати в процесі дослідження странгуляційної борозни показали такі імуногістохімічні маркери, як триптаза, маркери IL15, CD-15, МНС-II, CD1a, AQP1, AQP3, фібронетин D, Р-селектин. Крім цього, в діагностиці зажиттєвості странгуляційної борозни високу ефективність можуть показувати біохімічні методи виявлення фізіологічно-активних речовин, які дозволяють встановити ранні ознаки реактивних змін у шкірі внаслідок ушкодження, наприклад дослідження концентрації гістаміну, серотоніну, гепарину простагландинів F та E, а також співвідношення певних іонів.

Висновки. Застосування імуногістохімічних методів дослідження з метою підтвердження зажиттєвого утворення странгуляційної борозни базується на встановленні маркерів запальної реакції, які виділяються до появи певних судинних та клітинних реакцій, що дає можливість фіксації початкових ознак запальної реакції навіть при дуже короткому проміжку часу між спричиненням ушкодження та настанням смерті. Отже, використання імуногістохімічних методів може бути ефективним шляхом підтвердження зажиттєвості механічної асфіксії, особливо у випадках, коли застосування стандартних методів забарвлення було неефективним. Встановлення певних біохімічних маркерів у шкірі з ділянки странгуляційної борозни може розцінюватися як перспективний, швидкий та ефективний метод підтвердження зажиттєвості странгуляційної асфіксії. Зазначений напрям потребує проведення подальших досліджень

з метою підвищення його ефективності та може застосовуватися в судово-медичній практиці для підтвердження зажиттєвості утворення странгуляційної борозни.

Ключові слова: судова медицина, механічна асфіксія, странгуляційна борозна, зажиттєвість.

Вступ. Механічна асфіксія – стан, під час якого гостре кисневе голодування, накопичення в організмі діоксиду вуглецю та розвиток ацидозу виникають внаслідок механічної перешкоди для надходження повітря в дихальні шляхи. Смерть внаслідок механічної асфіксії є досить поширеною та займає одне з провідних місць у структурі насильницької смерті [1, 2, 3]. У структурі механічної асфіксії однією з найрозповсюдженіших є странгуляційна механічна асфіксія, до якої відносять повішення, задушення петлею та задушення руками [4]. Під час странгуляційної механічної асфіксії травмувальний чинник (петля, тупий предмет, руки) діє на шию зовні за механізмом стиснення. Такий механізм травмування під час странгуляційної асфіксії зазвичай призводить до утворення на шиї видимих ушкоджень, які часто мають досить специфічний характер. Так, наприклад, під час повішення чи удавлення петлею в процесі стиснення шиї здебільшого утворюється странгуляційна борозна, що робить зазначену групу механічних асфіксій відносно простою для судово-медичної діагностики. Водночас у випадках странгуляційної механічної асфіксії, зокрема під час найрозповсюдженішого її виду – повішення, залишається актуальним завданням встановлення зажиттєвості виникнення странгуляційної борозни, оскільки цілком можливим є утворення змін на шкірі шиї внаслідок післясмертного підвішування тіла в петлі з метою симуляції самогубства шляхом повішення за інших причин смерті. Отже, судово-медичне вирішення висвітленого питання має принципове значення, зокрема і для встановлення слідчим роду насильницької смерті – вбивства чи самогубства.

Метою проведеного дослідження було висвітлити процес розвитку науково-практичних медичних даних щодо встановлення зажиттєвості странгуляційної борозни та визначення ефективних доступних можливостей з вирішення цього питання на сучасному етапі розвитку судової медичної науки.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проводили шляхом аналізу та синтезу інформації з літературних джерел, доступних у онлайн-базах даних.

Результати та обговорення. Механічна асфіксія супроводжується утворенням певного комплексу ознак, які в судово-медичній практиці прийнято розділяти на дві групи – загальноасфіктичні ознаки, які спостерігаються під час всіх видів механічної асфіксії, та видові ознаки, що властиві для певного виду механічної асфіксії. Загальноасфіктичні ознаки є змінами в організмі загалом, що виникають під час розвитку асфіктичного процесу та передбачають, наприклад, крапкові крововиливи в кон'юнктиву очей, ціаноз обличчя, рясні, добре виражені трупні плями, наявність крові в судинному руслі трупа в рідкому стані, повнокров'я внутрішніх органів, переповнення кров'ю правих відділів серця тощо. Вивчення та аналіз спеціальної медичної літератури вказує на те, що наукові розробки зі встановлення зажиттєвості механічної асфіксії, зокрема й на основі вивчення загальноасфіктичних ознак, проводилися впродовж тривалого проміжку часу та, на жаль, подеколи призводили до формування абсолютно хибних уявлень. Так, загальновідомим є факт, що плямисті субепікардіальні та субплевральні крововиливи, на думку французького лікаря XIX ст. О. Тардье, були ознакою не просто зажиттєвої асфіксії, а задушення руками. О. Тардье розцінював їх як ознаку вбивства [5]. На сьогодні зазначена ознака, як й інші, вважається не тільки загальноасфіктичних виявом, але й ознакою будь-якої смерті, яка настала швидко, що повною мірою належить майже до всього комплексу вищеперерахованих загальноасфіктичних ознак. Отже, використання загальноасфіктичних ознак для діагностики зажиттєвості механічної асфіксії має дуже обмежене та допоміжне значення, оскільки зазначені ознаки можна виявити й під час раптової смерті та настання смерті від деяких травм. З метою встановлення зажиттєвості механічної асфіксії на цьому етапі розвитку судово-медичної науки більш доцільно досліджувати зміни та властивості так званих видових ознак,

характерних для певного виду механічної асфіксії, особливо в таких випадках, коли ці зміни виникають локально, у місці дії травмувального фактора.

Загалом треба зазначити, що у випадках странгуляційної асфіксії, зокрема й під час повішення, основні напрями підтвердження її зажиттєвості спрямовані на вивчення морфологічних змін у странгуляційній борозні. Странгуляційна борозна є основною і найважливішою видовою ознакою странгуляційної механічної асфіксії, є негативним відбитком петлі, накладеної на шию у вигляді видовженого вдавлення на шкірі. Залежно від матеріалу петлі на шкірі (у проєкції її дії) може утворюватися м'яка або пергаментна странгуляційна борозна. При цьому пергаментна борозна макроскопічно має вигляд щільної жовтувато-бурої смуги, що пояснюється ушкодженням поверхневих шарів шкіри в процесі її утворення та їх подальшим підсиханням. Натомість утворення м'якої странгуляційної борозни не супроводжується суттєвим ушкодженням шкіри. Така странгуляційна борозна виглядає зазвичай як блідо-синюшна смуга на шкірі. Морфологічна специфіка м'якої странгуляційної борозни пояснюється витисненням крові з судин у певних ділянках шкіри, що зазнали тиску петлі з утворенням у цих місцях блідої странгуляційної борозни та, навпаки, застоєм крові в розширених судинах у місцях синюшного забарвлення борозни. Варто зазначити, що странгуляційна борозна є найбільш вираженим безпосереднім наслідком дії петлі на м'які тканини шиї, а отже, вивчення змін цієї ділянки є найінформативнішим з боку встановлення зажиттєвого походження странгуляційної механічної асфіксії.

На початковому етапі розвитку судової медицини встановлення зажиттєвості странгуляційної борозни, насамперед, ґрунтувалося на визначенні макроскопічних змін шкіри в ділянці, що підлягала тиску петлі. Так, одну з перших науково обґрунтованих та легких у практичному застосуванні проб зі встановлення зажиттєвого походження странгуляційної борозни запропонував у 1902 р. харківський вчений М. С. Бокаріус. Сутність проби полягає у виявленні в прохідному світлі наявності дрібних крововиливів у дні борозни та гіперемії з крововиливами в ділянках крайових валиків борозни. Практична зручність зазначеного методу залишає його актуальним і на сьогодні. Водночас треба зауважити, що наявність крововиливів в ділянці странгуляційної борозни спостерігається далеко не у всіх випадках повішення [6], що, очевидно, зменшує ефективність застосування зазначеного методу. Крім цього, згідно з сучасними науковими даними до наявності крововиливів в ділянках ушкоджень як достовірної ознаки зажиттєвості, за відсутності інших підтверджувальних ознак, слід ставитися з обережністю та враховувати можливість післясмертного утворення крововиливів у странгуляційній борозні в короткий проміжок часу після настання смерті [7]. Крім того, у низці випадків під час повішення можливе виникнення післясмертних крововиливів і в м'яких тканинах відповідно до розташування странгуляційної борозни, наприклад у підшкірно-жировій клітковині. Водночас потрібно розуміти, якщо під час розтину підшкірно-жирова клітковина була просякнута кров'ю, то розрізнити таку ділянку із крововиливом не можливо навіть під час лабораторного дослідження. Отже, на сьогодні макроскопічні методи встановлення наявності крововиливів, зокрема і проба Бокаріуса, вважаються швидкими та зручними, однак вони є орієнтовними та попередніми методами підтвердження зажиттєвості утворення странгуляційної борозни.

Більш об'єктивними та розповсюдженими в судово-медичній практиці є гістологічні методи підтвердження зажиттєвого утворення странгуляційної борозни. Період максимального вивчення гістологічних змін у ділянці странгуляційної борозни припадає на середину ХХ ст., коли були визначені як критерії локальної компресії шкіри, так і критерії зажиттєвості утворення травматичних змін у тканинах шиї під час странгуляційної асфіксії. До останніх зараховують такі широко відомі ознаки, як повнокров'я судин шкіри, насамперед, капілярна гіперемія в ділянках крайових та проміжних валиків, крововиливи в дермі та підшкірній жировій клітковині в ділянці странгуляційної борозни, набряк дерми, а також початкові ознаки клітинної реакції у вигляді крайового стояння лейкоцитів у випадках тривалого розвитку механічної асфіксії [8]. Водночас, як вже було зазначено вище, наявність крововиливів та локального повнокров'я

судин може бути й під час післямертного підвішування трупа, особливо за умови його тривалого знаходження в петлі та рідкому стану крові в судинах. Крім цього, треба зазначити, що підвищення за звичайного перебігу супроводжується настанням втрати свідомості в короткий проміжок часу, обчислюваний секундами [9], та призводить до повної зупинки кровообігу протягом декількох хвилин [9, 10], що фактично унеможливує розвиток якихось суттєво виражених клітинних реакцій у ділянках ушкоджень через недостатній термін часу для розвитку певної реактивної клітинної та навіть судинної відповіді [8]. Отже, незважаючи на зручність, простоту та широке застосування гістологічних методів дослідження локальних мікоморфологічних змін у ділянці странгуляційної борозни, відзначаємо неможливість за їх допомогою повною мірою вирішити питання зажиттєвості утворення странгуляційної борозни під час підвищення через надто короткий проміжок часу, що проходить від початку розвитку асфіктичного процесу до настання смерті.

Наступним важливим кроком під час діагностики локальних змін з метою підтвердження зажиттєвості утворення странгуляційної борозни стало застосування імуногістохімічних методів дослідження, які поки не набули значного поширення, а наукові огляди зазначених методів представлені переважно незначною статистичною вибіркою випадків [11]. Серед імуногістохімічних маркерів, які показали важливі результати під час дослідження странгуляційної борозни, варто відзначити триптазу, маркери IL15, CD-15, МНС-II, CD1a, AQP1, AQP3, фібронетин D, Р-селектин та деякі інші [12]. Так, наприклад, у ділянках шкіри на межі странгуляційної борозни було зафіксовано виражений позитивний результат з виявлення позаклітинної триптази, що походить з тучних клітин. Зазначений результат дослідники інтерпретували як репрезентативний для зажиттєвої відповіді клітин шкіри на її стиснення та ушкодження в ділянці дії петлі. Аналогічні результати були виявлені і щодо цитокіну попередника запалення IL15 у сполучній тканині шкіри в ділянці странгуляційної борозни [13]. Позитивні результати під час імуногістохімічних досліджень були також отримані через аквапорин, зокрема у вигляді надлишкової експересії AQP3 [14, 15], фібронектину та Р-селектину [16] тощо. Слід відзначити, що загальний принцип застосування імуногістохімічних методів дослідження з метою підтвердження зажиттєвого утворення ушкоджень, насамперед базується на встановленні певних маркерів початкових етапів запальної реакції, фіксація яких можлива ще до появи якихось суттєвих судинних та клітинних реакцій. Отже, застосування імуногістохімічних методів має перевагу у вигляді суттєво вищої точності та ефективності зі встановлення зажиттєвості, ніж методи світлової мікроскопії зі стандартними забарвленнями. Водночас необхідність застосування спеціальних технологічних прийомів під час проведення імуногістохімічних досліджень ускладнює можливість широкого застосування таких методик.

Окремо треба зупинитися на можливості застосування в діагностиці зажиттєвості странгуляційної борозни біохімічних методів виявлення фізіологічно-активних речовин, які дозволяють встановити ранні ознаки реактивних змін у шкірі внаслідок ушкодження [17, 18]. Так, встановлено, що в зажиттєвих ушкодженнях шкіри підвищується вміст певних біологічно-активних речовин, зокрема гістаміну, серотоніну, гепарину та простагландинів F та E, які є медіаторами та модуляторами місцевої запальної реакції. Значний внесок в можливість використання медіаторів запалення – гістаміну, серотоніну зробив у 80-х рр. ХХ ст. професор J.Rekallio у Фінляндії. Зазначений метод оснований на порівнянні концентрації вищевказаних біологічно-активних речовин в ділянці ушкодження та прилеглій неушкодженій шкірі. Слід зазначити, що утворення странгуляційної борозни супроводжується травмуванням поверхневих шарів шкіри, це робить застосування біохімічних методів з виявлення біологічно-активних речовин придатним для встановлення зажиттєвості странгуляційної борозни. Більш сучасними напрацюваннями з виявлення біологічно-активних речовин в странгуляційній борозні з метою встановлення її зажиттєвості є визначення концентрації катехоламінів [19]. У зажиттєвій странгуляційній борозні було виявлено локальне збільшення вільних фракцій адреналіну та норадреналіну. Натомість у післясмертних странгуляційних борознах унаслідок пригнічення біоенергетичних процесів та ушкодження енергоутворюваних систем, що необхідні для синтезу

біологічно-активних речовин, змін концентрації медіаторів, модуляторів та катехоламінів не відбувається. До біохімічних методів дослідження відноситься також вивчення змін концентрації вільних іонів в ділянці странгуляційної борозни. Наявні дослідження вказують на суттєві коливання кальцію, магнію, заліза та цинку в тканині шкіри в ділянці странгуляційної борозни [16]. Так, дослідники відзначили підвищення концентрації Са та Mg, а у випадках значно вираженої странгуляційної борозни найсуттєвішим було підвищення концентрації заліза в ділянці ушкодження. Отже, застосування біохімічного виявлення біологічно-активних речовин є оптимальним, оскільки певні біохімічні зміни в травмованій шкірі є найбільш ранніми та доказовими. Біохімічна реакція ушкоджених тканин розвивається майже негайно після дії травмувального агента та може бути зафіксована протягом тривалого часу після настання смерті, що робить біохімічні методи ефективними навіть на стадіях гнильної трансформації трупа. Упровадження біохімічних методів у судово-медичну практику є нагальною потребою для об'єктивізації судово-медичної діагностики зажиттєвості странгуляційної борозни.

Висновки.

1. Странгуляційна механічна асфіксія, зокрема під час повішення, супроводжується швидким настанням втрати свідомості та смерті, що часто призводить до відсутності реактивної клітинної та судинної відповіді в ділянках ушкоджень. Зазначений факт зменшує діагностичну цінність гістологічних досліджень під час класичних стандартних забарвлень тканини та подеколи унеможлиблює встановлення зажиттєвості утворення странгуляційної борозни.

2. Застосування імуногістохімічних методів дослідження з метою підтвердження зажиттєвого утворення странгуляційної борозни базується на встановленні маркерів запальної реакції, які виділяються до появи якихось судинних та клітинних реакцій, що дає можливість фіксації початкових ознак запальної реакції навіть при дуже короткому проміжку часу між спричиненням ушкодження та настанням смерті. Отже, використання імуногістохімічних методів може бути ефективним шляхом підтвердження зажиттєвості механічної асфіксії, особливо в випадках, коли застосування стандартних методів забарвлення було неефективним.

3. Установлення певних біохімічних маркерів в шкірі з ділянки странгуляційної борозни є перспективним, швидким та ефективним методом підтвердження зажиттєвості странгуляційної асфіксії. Зазначений напрям може застосовуватися в судово-медичній практиці для підтвердження зажиттєвості утворення странгуляційної борозни.

4. На сучасному етапі розвитку судово-медичної науки накопичена велика кількість інформації зі встановлення зажиттєвості утворення странгуляційної борозни під час механічної асфіксії. Водночас значна кількість зазначених методів поки не набула широкого розповсюдження у практичній діяльності судово-медичних експертів з різних причин, серед яких можна відзначити складність деяких методів дослідження, істотну вартість, тривалість виконання певних досліджень тощо. На сьогодні існує потреба в оптимізації наявних методів дослідження з метою встановлення та впровадження в практику найбільш достовірних та відносно простих у виконанні методів встановлення зажиттєвості утворення странгуляційної борозни.

Інформація про конфлікт інтересів. Потенційних або явних конфліктів інтересів, пов'язаних з цим рукописом, на момент публікації не існує і не передбачається.

Література

1. Mosek DP, Sperhake JP, Edler C, Püschel K, Schröder AS. Cases of asphyxia in children and adolescents: A retrospective analysis of fatal accidents, suicides, and homicides from 1998 to 2017 in Hamburg, Germany. *Int J Legal Med* 2020;134(3):1073-81. doi: 10.1007/s00414-020-02248-6
2. Balaji N, Ahamed BT, Kumar PP, Balaji RV, Balasubramanian S. Mechanical Asphyxial Deaths: An Autopsy Based Cross Sectional Study in a Tertiary Care Hospital. *Indian J Forensic Med Toxicol.* 2024;18(2):168-73. doi: 10.37506/mg87wh78

3. Yakovtsova I, Hurov O, Nikonov V, Kursov S, Hladkykh D, Danyliuk S. Diagnostics of Mechanical Asphyxia – Experience of Foreign Countries (Literature Review). *ScienceRise: Medical Science*. 2021;3(42):45-9. doi: 10.15587/2519-4798.2021.233034
4. McEwen BJ. Nondrowning Asphyxia in Veterinary Forensic Pathology: Suffocation, Strangulation, and Mechanical Asphyxia. *Vet Pathol*. 2016;53(5):1037-48. doi: 10.1177/0300985816643370
5. Geserick G, Krocker K, Wirth I. Tardieu's spots and asphyxia – a literature study. *Arch Kriminol*. 2010;226(5-6):145-60.
6. Reddy TTK, Krishnamurthy V, Rao NPC, Prakash KR, Kumar KS. A study of various patterns of ligature mark produced in cases of hanging brought to the mortuary, GGH, Guntur. *Int J Clin Diagn Pathol*. 2019;2(2):33-7. doi: 10.33545/pathol.2019.v2.i2a.77
7. Langlois NE, Gresham GA. The ageing of bruises: A review and study of the colour changes with time. *Forensic Sci Int*. 1991;50(2):227-38. doi: 10.1016/0379-0738(91)90154-b
8. Dettmeyer RB. *Forensic Histopathology: Fundamentals and Perspectives*. 2nd ed. Springer Cham; 2018. 570 p.
9. Sauvageau A. Agonal Sequences in Four Filmed Hangings: Analysis of Respiratory and Movement Responses to Asphyxia by Hanging. *J Forensic Sci*. 2009;54(1):192-4. doi: 10.1111/j.1556-4029.2008.00910.x
10. Boghossian E, Clément R, Redpath M, Sauvageau A. Respiratory, circulatory, and neurological responses to hanging: a review of animal models. *J Forensic Sci*. 2010;55(5):1272-7. doi: 10.1111/j.1556-4029.2010.01436.x
11. Mansueto G, Feola A, Zangani P, Porzio A, Carfora A, Campobasso CP. A Clue on the Skin: A Systematic Review on Immunohistochemical Analyses of the Ligature Mark. *Int J Environ Res Public Health*[Internet]. 2022 Feb[cited 2024 Jan 18];19(4):2035. Available from: <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/4/2035> doi: 10.3390/ijerph19042035
12. Turillazzi E, Vacchiano G, Luna-Maldonado A, Neri M, Pomara C, Rabozzi R, et al. Tryptase, CD-15 and IL-15 as reliable markers for the determination of soft and hard ligature marks vitality. *Histol Histopathol*. 2010;25(12):1539-46. doi: 10.14670/HH-25.1539
13. Neri M, Fabbri M, D'Errico S, Di Paolo M, Frati P, Gaudio RM, et al. Regulation of miRNAs as new tool for cutaneous vitality lesions demonstration in ligature marks in deaths by hanging. *Sci Rep* [Internet]. 2019 Dec[cited 2024 Jan 18];9:20011. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-019-56682-7> doi: 10.1038/s41598-019-56682-7
14. Ishida Y, Kuninaka Y, Nosaka M, Shimada E, Hata S, Yamamoto H, et al. Forensic application of epidermal AQP3 expression to determination of wound vitality in human compressed neck skin. *Int J Leg Med*. 2018;132(5):1375-80. doi: 10.1007/s00414-018-1780-1
15. Betz P. Immunohistochemical parameters for the age estimation of human skin wounds. A review. *Am J Forensic Med Pathol*. 1995;16(3):203-9. doi: 10.1097/00000433-199509000-00003
16. Pérez IL, Falcón M, Gimenez M, Diaz FM, Pérez-Cárceles MD, Osuna E, et al. Diagnosis of Vitality in Skin Wounds in the Ligature Marks Resulting from Suicide Hanging. *Am J Forensic Med Pathol*. 2017;38(3):211-8. doi: 10.1097/PAF.0000000000000322
17. Михайличенко БВ, Волобуєв ОЄ, Артеменко ОІ. Об'єктивізація судово-медичного діагнозу в разі смерті від повішення. В: Зб. матеріалів міжнар. наук.-практ. конф. з нагоди 100-річчя Національного наукового центру «Інститут судових експертиз ім. засл. проф. МС Бокаріуса» Актуальні питання судової експертизи та криміналістики; 2023 Лис 10; Харків. Харків; 2023. с. 243-5.
18. Berg S, Bonte W. Praktische Erfahrungen mit der biochemischen Wundaltersbestimmung. *Beitr Gerichtl Med*. 1971;28:108-14.
19. Біляков АМ. Вміст адреналіну та норадреналіну в шкірі. В: Зб. наук. пр. співробітників КМАПО ім. ПЛ Шупика. Київ; 2001. с. 1221-4.

References

1. Mosek DP, Sperhake JP, Edler C, Püschel K, Schröder AS. Cases of asphyxia in children and adolescents: A retrospective analysis of fatal accidents, suicides, and homicides from 1998 to 2017 in Hamburg, Germany. *Int J Legal Med* 2020;134(3):1073-81. doi: 10.1007/s00414-020-02248-6
2. Balaji N, Ahamed BT, Kumar PP, Balaji RV, Balasubramanian S. Mechanical Asphyxial Deaths: An Autopsy Based Cross Sectional Study in a Tertiary Care Hospital. *Indian J Forensic Med Toxicol.* 2024;18(2):168-73. doi: 10.37506/mg87wh78
3. Yakovtsova I, Hurov O, Nikonov V, Kursov S, Hladkykh D, Danyliuk S. Diagnostics of Mechanical Asphyxia – Experience of Foreign Countries (Literature Review). *ScienceRise: Medical Science.* 2021;3(42):45-9. doi: 10.15587/2519-4798.2021.233034
4. McEwen BJ. Nondrowning Asphyxia in Veterinary Forensic Pathology: Suffocation, Strangulation, and Mechanical Asphyxia. *Vet Pathol.* 2016;53(5):1037-48. doi: 10.1177/0300985816643370
5. Geserick G, Krocker K, Wirth I. Tardieu's spots and asphyxia – a literature study. *Arch Kriminol.* 2010;226(5-6):145-60.
6. Reddy TTK, Krishnamurthy V, Rao NPC, Prakash KR, Kumar KS. A study of various patterns of ligature mark produced in cases of hanging brought to the mortuary, GGH, Guntur. *Int J Clin Diagn Pathol.* 2019;2(2):33-7. doi: 10.33545/pathol.2019.v2.i2a.77
7. Langlois NE, Gresham GA. The ageing of bruises: A review and study of the colour changes with time. *Forensic Sci Int.* 1991;50(2):227-38. doi: 10.1016/0379-0738(91)90154-b
8. Dettmeyer RB. *Forensic Histopathology: Fundamentals and Perspectives.* 2nd ed. Springer Cham; 2018. 570 p.
9. Sauvageau A. Agonal Sequences in Four Filmed Hangings: Analysis of Respiratory and Movement Responses to Asphyxia by Hanging. *J Forensic Sci.* 2009;54(1):192-4. doi: 10.1111/j.1556-4029.2008.00910.x
10. Boghossian E, Clément R, Redpath M, Sauvageau A. Respiratory, circulatory, and neurological responses to hanging: a review of animal models. *J Forensic Sci.* 2010;55(5):1272-7. doi: 10.1111/j.1556-4029.2010.01436.x
11. Mansueto G, Feola A, Zangani P, Porzio A, Carfora A, Campobasso CP. A Clue on the Skin: A Systematic Review on Immunohistochemical Analyses of the Ligature Mark. *Int J Environ Res Public Health*[Internet]. 2022 Feb[cited 2024 Jan 18];19(4):2035. Available from: <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/4/2035> doi: 10.3390/ijerph19042035
12. Turillazzi E, Vacchiano G, Luna-Maldonado A, Neri M, Pomara C, Rabozzi R, et al. Tryptase, CD-15 and IL-15 as reliable markers for the determination of soft and hard ligature marks vitality. *Histol Histopathol.* 2010;25(12):1539-46. doi: 10.14670/HH-25.1539
13. Neri M, Fabbri M, D'Errico S, Di Paolo M, Frati P, Gaudio RM, et al. Regulation of miRNAs as new tool for cutaneous vitality lesions demonstration in ligature marks in deaths by hanging. *Sci Rep* [Internet]. 2019 Dec[cited 2024 Jan 18];9:20011. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-019-56682-7> doi: 10.1038/s41598-019-56682-7
14. Ishida Y, Kuninaka Y, Nosaka M, Shimada E, Hata S, Yamamoto H, et al. Forensic application of epidermal AQP3 expression to determination of wound vitality in human compressed neck skin. *Int J Leg Med.* 2018;132(5):1375-80. doi: 10.1007/s00414-018-1780-1
15. Betz P. Immunohistochemical parameters for the age estimation of human skin wounds. A review. *Am J Forensic Med Pathol.* 1995;16(3):203-9. doi: 10.1097/00000433-199509000-00003
16. Pérez IL, Falcón M, Gimenez M, Diaz FM, Pérez-Cárceles MD, Osuna E, et al. Diagnosis of Vitality in Skin Wounds in the Ligature Marks Resulting from Suicide Hanging. *Am J Forensic Med Pathol.* 2017;38(3):211-8. doi: 10.1097/PAF.0000000000000322
17. Mykhailychenko BV, Volobuiev OIe, Artemenko OI. Ob'iektyvizatsiia sudovo-medychnoho diahnozu v razi smerti vid povishennia [Objectification of forensic medical diagnosis in case

- of death by hanging]. V: Zb. materialiv mizhnar. nauk.-prakt. konf. z nahody 100-richchia Natsional'noho naukovoho tsentru «Instytut sudovykh ekspertyz im. zasl. prof. MS Bokarius» Aktual'ni pytannia sudovoi ekspertyzy ta kryminalistyky; 2023 Lys 10; Kharkiv. Kharkiv; 2023. p. 243-5. (in Ukrainian)
18. Berg S, Bonte W. Praktische Erfahrungen mit der biochemischen Wundaltersbestimmung. Beitr Gerichtl Med. 1971;28:108-14.
 19. Biliakov AM. Vmist adrenalinu ta noradrenalinu v shkiri [The content of adrenaline and noradrenaline in the skin]. V: Zb. nauk. pr. spivrobotnykiv KMAPO im. PL Shupyka. Kyiv; 2001. p.1221-4. (in Ukrainian)

DETECTION OF THE VITAL ORIGIN OF THE STRANGULATION MARK IN MECHANICAL ASPHYXIA AS AN INDICATOR OF THE DEVELOPMENT OF FORENSIC MEDICINE

Varfolomeiev Y. A., Pletenetska A. O. Bondar S. S.

Bohomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

Summary. Death by mechanical asphyxia occupies one of the leading positions in the structure of violent deaths. In the structure of mechanical asphyxia, one of the most common is mechanical strangulation, which includes hanging, ligature strangulation and manual strangulation. Solving the problem of the ante-mortem nature of mechanical asphyxia remains relevant in the practical work of forensic experts. In the case of mechanical asphyxia by strangulation, the most common and effective methods are the study of changes in the area of local injuries on the neck, such as the ligature mark during hanging.

Aim of the study. To shed light on the process of developing methods for determining the ante-mortem nature of mechanical strangulation asphyxia by studying changes in the area of the ligature mark and to determine effective ways of solving this problem at the current stage of development of forensic medicine.

Methods. Analysis and synthesis of information from literary sources available in online databases.

Results. The use of macroscopic and histological methods to study changes in the area of the ligature mark may not be sufficient to resolve the issue of ante-mortem formation of injuries in the neck area during hanging, due to the extremely short period of time that elapses between the onset of the asphyxia process and the onset of death. The time interval between the onset of asphyxia and death is often insufficient for the development of a specific reactive cellular and even vascular response. Immunohistochemical examination, aimed at identifying initial reactive signs in the area of injury, is more effective in establishing ante-mortem status during extremely short time intervals between the cause of injury and the onset of death. In the case of mechanical asphyxia by strangulation, significant results have been obtained in the study of ligature marks by immunohistochemical markers such as tryptase, IL-15, CD-15, MHC-II, CD1a, AQP1, AQP3, fibronectin D, P-selectin. In addition, biochemical methods for the detection of physiologically active substances, which allow the detection of early signs of reactive changes in the skin due to injury, such as the study of the concentration of histamine, serotonin, heparin, prostaglandins F and E, as well as the ratio of certain ions, can be highly effective in diagnosing the ante-mortem nature of the ligature mark.

Conclusion. The use of immunohistochemical research methods to confirm the ante-mortem formation of a ligature mark is based on the detection of markers of the inflammatory reaction, which are released before the appearance of any vascular and cellular reactions, allowing the detection of the first signs of the inflammatory reaction even within a very short period of time between the cause of injury and the onset of death. Thus, the use of immunohistochemical methods can be effective in

confirming the ante-mortem nature of mechanical asphyxia, especially in cases where the use of standard histological staining methods has been ineffective. The detection of certain biochemical markers in the skin from the area of the ligature mark may be considered a promising, rapid and effective method to confirm the ante-mortem nature of strangulation asphyxia. This direction requires further research to improve its effectiveness and can be used in forensic practice to confirm the ante-mortem formation of the ligature mark.

Keywords: Forensic medicine, mechanical asphyxia, ligature mark, antemortem origin.

Відомості про автора:

Варфоломєєв Є. А. – доктор філософії, асистент кафедри судової медицини та медичного права Національного медичного університету імені О. О. Богомольця, Київ, Україна, e-mail: war.fall.ev@gmail.com, ORCID:0000-0003-0539-9682, Researcher ID: GVS-7252-2022

Плетенецька А. О. – кандидат медичних наук, доцент кафедри судової медицини та медичного права Національного медичного університету імені О. О. Богомольця, Київ, Україна, e-mail: fantasyalinka@gmail.com, ORCID:0000-0002-7029-3377, Researcher ID: AAZ-9198-2021, Scopus ID: 57257296700

Бондар С. С. – кандидат медичних наук, доцент кафедри судової медицини та медичного права Національного медичного університету імені О. О. Богомольця, Київ, Україна, e-mail: radnob70@gmail.com, ORCID:0009-0007-9819-880X,

Information about author:

Varfolomeiev Y. A. – Philosophy Doctor, assistant of the Department of medical law and forensic medicine of Bohomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine, e-mail: war.fall.ev@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0539-9682, Researcher ID: GVS-7252-2022

Pletenetska A. O. – Candidate of Medical Science, Associate Professor of the Department of medical law and forensic medicine of Bohomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine, e-mail: fantasyalinka@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7029-3377, Researcher ID: AAZ-9198-2021, Scopus ID: 57257296700

Bondar S. S. – Candidate of Medical Science, Associate professor of the Department of medical law and forensic medicine of Bohomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine, e-mail: radnob70@gmail.com, ORCID ID: 0009-0007-9819-880X