

ВІДМІННОСТІ УШКОДЖЕНЬ КРАНІОЦЕРВІКАЛЬНОЇ ЗОНИ ВОДІЯ І ПАСАЖИРА У ВИПАДКАХ ЛОБОВОГО ЗІТКНЕННЯ ПРИ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОДАХ

Віталій Зозуля¹, Олег Ванчуляк²

¹Державна спеціалізована установа "Житомирське обласне бюро судово-медичної експертизи" МОЗ України, Житомир, Україна

²Буковинський державний медичний університет МОЗ України, Чернівці, Україна

Резюме. Судово-медична ідентифікація місця водія і пасажирів переднього сидіння в салоні автомобіля після летальної дорожньо-транспортної пригоди залишається складним завданням, оскільки на характер ушкоджень часто впливають небагато факторів, включаючи власне положення в салоні на момент зіткнення, загальну тяжкість зіткнення, деформацію салону та геометрію удару. Останні дослідження підкреслюють потребу інтерпретувати травму в контексті конкретної дорожньо-транспортної пригоди (ДТП), а не за окремою ознакою. Саме тому порівняння двох – водія та пасажирів в межах однієї ДТП надає можливість краще відокремити справжні маркери положення тіла в салоні автомобіля від впливів інших факторів.

Мета дослідження. Визначити краніоцервікальні маркери ушкоджень, що можуть бути використані для диференціації водія і пасажирів переднього сидіння у межах однієї ДТП при лобовому зіткненні.

Матеріали та методи. У ретроспективне дослідження включено 70 летальних лобових ДТП із судово-медичних архівів за 2008-2021 роки, в яких були присутні водій та пасажир переднього сидіння. Сформовано 70 пар «водій-пасажир» (140 загиблих). Первинними маркерами були ушкодження голови, обличчя, шиї, перелом черепа, перелом основи черепа та ушкодження шийних хребців. Для дискордантних пар застосовано точний критерій Мак-Немара; додатково виконано об'єднаний аналіз тієї самої вибірки.

Науково-дослідна робота. Виконане дослідження є фрагментом комплексної науково-дослідної роботи кафедри судової медицини та медичного правознавства Буковинського державного медичного університету «Використання сучасних морфологічних та фізичних методів для діагностики часу та причини настання смерті, виникнення тілесних ушкоджень, розвитку віддалених та наближених їх наслідків з метою вирішення нагальних завдань правоохоронних органів та актуальних питань судово-медичної науки та практики» (номер державної реєстрації 0123U101978, терміни виконання січень 2023-грудень 2027 року).

Біоетика. Матеріали дослідження розглянуті і схвалені комісією з питань біоетики Буковинського державного медичного університету (Протокол № 7 від 16.04.2026 р.).

Результати. Перелом черепа виявився найстійкішим маркером на користь місця водія: у 24 парах він був наявний лише у водія та у 8 – лише у пасажирів (парне відношення шансів 3,00; 95% довірчий інтервал 1,30-7,72; $p=0,007$). Для перелому основи черепа спостерігався слабший зв'язок з положенням тіла на місці водія (17 проти 7; $p=0,064$). Ушкодження голови, обличчя, шиї та шийних хребців не продемонстрували статистичного значення, яке б дозволило проводити розмежування між водієм та пасажиром. У підгрупах із малим перекриттям латеральність частіше відповідала стороні удару, ніж місцю сидіння.

Висновки. Парне зіставлення у межах однієї ДТП є ефективним методом проведення пошуку критеріїв розмежування водія та пасажирів при комплексному краніоцервікальному аналізі. У даному дослідженні перелом черепа залишався найбільш обґрунтованим маркером на користь положення тіла на місці водія, тоді як інші краніоцервікальні ушкодження слід трактувати передусім у контексті механізму та підтипу зіткнення.

Ключові слова: судова медицина; лобове зіткнення; дорожньо-транспортна пригода; перелом черепа; шийні хребці; місце сидіння.

WITHIN-CRASH CRANIOCERVICAL DRIVER-PASSENGER DISCORDANCE IN FATAL FRONTAL CRASHES

Vitalii Zozulia¹, Oleh Vanchuliak²

¹State Specialized Institution "Zhytomyr Regional Bureau of Forensic Medical Examination" of the Ministry of Health of Ukraine, Zhytomyr, Ukraine

²Bukovinian State Medical University of the Ministry of Health of Ukraine, Chernivtsi, Ukraine

Abstract. Forensic reconstruction of the driver and front-passenger positions after a fatal motor vehicle collision remains difficult because general injury analyses often mix true seat-specific markers with injuries created by shared crash severity, compartment deformation, and impact geometry. Recent literature increasingly supports context-based interpretation rather than reliance on isolated lesions. A matched within-crash comparison of the two front occupants provides a stronger methodological test because it controls many crash-level exposures that pooled analyses cannot hold constant.

The aim of the study. To determine craniocervical markers which can be useful for driver-passenger differentiation after within-crash matching in fatal frontal crashes.

Materials and methods. This retrospective study used 70 fatal single-impact frontal crashes from forensic archives collected in 2008-2021 in which both front-row occupants were present. The analytic cohort comprised 70 driver-passenger pairs (140 bodies). Prespecified markers were head injury, face injury, neck injury, skull fracture, skull base fracture, and cervical vertebral injury. Exact McNemar analysis was applied to discordant matched pairs.

Scientific research. This study constitutes a fragment of a comprehensive research work conducted by the Department of Forensic Medicine and Medical Law of the Bukovinian State Medical University, titled "Utilization of modern morphological and physical methods for diagnosing the time and cause of death, the occurrence of bodily injuries, and the development of their remote and immediate consequences, aimed at addressing urgent tasks of law enforcement agencies and current issues of forensic medical science and practice" (State registration number 0123U101978, implementation period: January 2023-December 2027).

Bioethics. The research materials have been reviewed and approved by the bioethics Commission of Bukovinian State Medical University (Protocol No. 7 dated April 16, 2026).

Results. Skull fracture was the clearest driver-leaning matched marker: it was driver-only in 24 pairs and passenger-only in 8 pairs (matched odds ratio 3.00; 95% confidence interval 1.30-7.72; $p=0.007$). Skull base fracture showed a weaker driver excess (17 versus 7; $p=0.064$). Head injury, face injury, neck injury, and cervical vertebral injury did not show significant within-crash role separation. In small-overlap pairs, dominant laterality followed crash side more often than seat position.

Conclusions. Within-crash matching removes much of the apparent seat-specific signal seen in pooled craniocervical analysis. In this investigation, skull fracture remained the most defensible driver-leaning marker, whereas the other craniocervical findings should be interpreted mainly in crash context rather than as standalone indicators of seating position.

Key words: forensic medicine; frontal crash; traffic accident; skull fracture; cervical vertebrae; seat position.

Вступ. Судово-медичне встановлення особи, що займала місце водія у випадку летальної ДТП, залишається практично важливою медико-правовою проблемою. Останні порівняльні дослідження показали, що просте розмежування водія і пасажирів володіє суттєвими обмеженнями, якщо категорії ушкоджень аналізують у зведеному вигляді без урахування неоднорідного аварійного середовища. Відповідно, парадигмою проведення сучасних судово-медичних експертиз є проведення контекстного, а не ізольовано-ознакового підходу [1-8].

Сучасні праці з документування транспортної травми та аналізу ушкоджень також підкреслюють, що судово-медичне значення ушкодження визначається геометрією зіткнення, деформацією салону й взаємодією з ремнями безпеки та внутрішніми структурами автомобіля [3-6]. Це особливо важливо для лобових ДТП, у яких навантаження на тіло змінюється не тільки через місце сидіння, але й через геометрію перекриття, положення тіла та переміщенням тіла в салоні автомобіля перед піковою фазою удару [9-19].

Мале перекриття, положення сидіння, поворот голови, екстрене гальмування та особливості взаємодії тіла з ремнем безпеки можуть істотно змінювати кінематичний шлях голово-шийного комплексу і розподіл навантаження на череп, шийний відділ хребта та нижні кінцівки [9-19]. За таких умов маркер, який у зведеній вибірці виглядає інформативним щодо місця тіла в салоні автомобіля,

насправді може відображати спільний для водія та пасажирів переднього сидіння вплив сторонніх факторів.

Парний дизайн володіє значним потенціалом для визначення місця в салоні, оскільки багато аварійних впливів у ньому утримуються сталими вже самим дизайном. Відповідно до сучасних принципів судово-медичної практики встановлено, що ідентифікація водія і пасажирів має спиратися на сукупну оцінку ушкоджень, кінематики, деформації автомобіля та використання комплексної інформації, а не на одну окрему ознаку [20,21]. Водночас спеціально сфокусований парний аналіз краніоцервікальних відмінностей при летальних лобових ДТП досі недостатньо висвітлений. Саме цю прогалину і покликано заповнити дане дослідження.

Мета дослідження. Визначити краніоцервікальні маркери ушкоджень, що можуть бути використані для диференціації водія і пасажирів переднього сидіння у межах однієї ДТП при лобовому зіткненні.

Матеріали та методи. У цьому ретроспективному судово-медичному дослідженні використано дані судово-медичних експертиз при летальних лобових зіткненнях легкових автомобілів з обласних бюро СМЕ, зібрані у 2008-2021 роках. До аналізу включали лише випадки з лівим розташуванням керма, водії та пасажирів переднього сидіння, з лобовим механізмом і відомим місцем у салоні. Загальна база включала 179 загиблих зі 109 ДТП. У цій роботі використано лише 70 ДТП, в яких були задокументовані травми як водія, так і пасажирів переднього сидіння, що сформувало вибірку зі 140 загиблих: 70 водіїв і 70 пасажирів переднього сидіння.

Розподіл підтипів лобового зіткнення в парній когорті був наступним: 18 повних лобових, 18 із частковим перекриттям, 17 зіткнень із малим перекриттям зліва та 17 зіткнень із малим перекриттям справа. Первинною аналітичною одиницею була пара водій-пасажир в межах однієї ДТП. До наперед визначених краніоцервікальних маркерів віднесено ушкодження голови, ушкодження обличчя, ушкодження шиї, перелом склепіння черепа, перелом основи черепа та ушкодження шийних хребців.

Первинний аналіз ґрунтувався на точному критерії Мак-Немара для дискордантних пар. Парні відношення шансів (ВШ) обчислювали як відношення числа пар типу «лише водій» до числа пар типу «лише пасажир», а точні 95% довірчі інтервали виводили з розподілу дискордантних пар. З метою проведення контролю ті самі 140 загиблих додатково аналізували як об'єднану вибірку «водій проти пасажирів» за допомогою точного критерію Фішера та звичайних відношень шансів. У додатковому описовому аналізі переглянуто латеральність ушкоджень у парах зіткнень із малим перекриттям, щоб визначити, чи поводить латеральність, переважно, як маркер положення тіла в салоні автомобіля, чи насамперед як маркер сторони удару.

Науково-дослідна робота. Виконане дослідження є фрагментом комплексної науково-дослідної роботи кафедри судової медицини та медичного правознавства Буковинського державного медичного університету «Використання сучасних морфологічних та фізичних методів для діагностики часу та причини настання смерті, виникнення тілесних ушкоджень, розвитку віддалених та наближених їх наслідків з метою вирішення нагальних завдань правоохоронних органів та актуальних питань судово-медичної науки та практики» (номер державної реєстрації 0123U101978, терміни виконання січень 2023-грудень 2027 року).

Біоетика. Матеріали дослідження розглянуті і схвалені комісією з питань біоетики Буковинського державного медичного університету (Протокол №7 від 16.04.2026 р.).

Результати дослідження. До парної когорти увійшли 70 ДТП та 140 загиблих. У вибірці були представлені транспортні засоби класів В (18 випадків), С (14 випадків), D (10 випадків), Е (7 випадків), J (6 випадків), М (8 випадків) та S (7 випадків), а сама парна когорта залишалася збалансованою за підтипом лобового зіткнення (табл. 1).

Таблиця 1

Склад парної когорти за підтипом лобового зіткнення

Підтип лобового зіткнення	Пар ДТП	Загиблих	Водіїв	Передніх пасажирів
Повне лобове	18	36	18	18
Неповне перекриття зміщене	18	36	18	18
Мале перекриття зліва	17	34	17	17
Мале перекриття справа	17	34	17	17
Усього:	70	140	70	70

Серед шести наперед визначених краніоцервікальних маркерів перелом черепа продемонстрував найвиразніше внутрішнє аварійне розмежування за місцем сидіння. Загалом

перелом черепа був наявний у 48 із 70 водіїв і 32 із 70 передніх пасажирів. У парному аналізі перелом черепа був наявний лише у водія в 24 парах і лише у пасажира у 8 парах; у 24 парах він був в обох осіб, а у 14 – не виявлений ні в кого. Це відповідало парному відношенню шансів 3,00 (95% довірчий інтервал 1,30-7,72; $p=0,007$) (табл. 2).

Для перелому основи черепа спостерігалася більш слабка тенденція до переважання у водіїв. Це ушкодження було наявне лише у водія в 17 парах і лише у пасажира в 7 парах; у 16 парах його виявлено в обох осіб, а у 30 не виявлено ні у водія, ні у пасажира. Парне відношення шансів становило 2,43, але цей результат не досяг загальноприйнятого рівня статистичної значущості ($p=0,064$). Натомість ушкодження голови, обличчя та шії показали лише помірну дискордантність і не продемонстрували значущого внутрішньо-аварійного розмежування. Для ушкодження шийних хребців чисельний напрямок був протилежним, із 7 пар «лише водій» і 14 пар «лише пасажир», також без значущого парного результату (табл. 2).

Таблиця 2

Об'єднані та парні оцінки краніоцервікальних маркерів

Маркер	Водії	Пасажири	Об'єднане ВШ (95% ДІ)	р (об'єднане)	Пари лише водій	Пари лише пасажир	Парне ВШ (95% ДІ)	р (парне)
Ушкодження голови	56/70 (80,0%)	52/70 (74,3%)	1,38 (0,63-3,06)	0,546	10	6	1,67 (0,55-5,58)	0,454
Ушкодження обличчя	55/70 (78,6%)	51/70 (72,9%)	1,37 (0,63-2,97)	0,555	16	12	1,33 (0,59-3,09)	0,572
Ушкодження шії	34/70 (48,6%)	39/70 (55,7%)	0,75 (0,39-1,46)	0,499	10	15	0,67 (0,27-1,59)	0,424
Перелом черепа	48/70 (68,6%)	32/70 (45,7%)	2,59 (1,30-5,16)	0,010	24	8	3,00 (1,30-7,72)	0,007
Перелом основи черепа	33/70 (47,1%)	23/70 (32,9%)	1,82 (0,92-3,61)	0,120	17	7	2,43 (0,96-6,93)	0,064
Ушкодження шийних хребців	11/70 (15,7%)	18/70 (25,7%)	0,54 (0,23-1,24)	0,210	7	14	0,50 (0,17-1,32)	0,189

Об'єднані оцінки розглядають 140 загиблих, як незалежні спостереження. Парні оцінки ґрунтуються на точному внутрішньо-аварійному аналізі дискордантних пар. Для об'єднаних і парних відношень шансів значення понад 1 свідчать на користь місця водія, а значення нижче 1 – на користь місця пасажира переднього сидіння.

Методологічне порівняння між об'єднаним і парним аналізом є принципово важливим. Коли ті самі 140 загиблих розглядали як незалежні спостереження, перелом черепа також залишався маркером на користь місця водія (об'єднане відношення шансів 2,59; $p=0,010$), але такий підхід не дозволяв відокремити специфічне для місця сидіння ушкодження від більш широкого впливу спектру чинників. Саме парний аналіз показав, що після контролю впливів на рівні ДТП лише перелом черепа зберіг статистично достовірне переважання у водіїв.

За підтипами лобового зіткнення дискордантність перелому черепа була досліджена при різних варіантах лобових механізмів зіткнення, а не зосереджувалася в одному підтипі. Пари з переломом черепа лише у водія проти лише у пасажира становили 7 проти 2 при повному лобовому зіткненні, 8 проти 2 при зіткненні з частковим перекриттям, 5 проти 1 при малому перекритті зліва та 4 проти 3 при малому перекритті справа (табл. 3). Такий розподіл у підгрупах був не достатнім для виявлення статистично значимого зв'язку.

Таблиця 3

Дискордантність перелому черепа за підтипом лобового зіткнення з описовими даними щодо латеральності

Підтип лобового зіткнення	Пар	Пари з переломом черепа лише у водія	Пари з переломом черепа лише у пасажира	Точне р Мак-Немара
Повне лобове	18	7	2	0,180
Неповне перекриття	18	8	2	0,109
Мале перекриття зліва	17	5	1	0,219
Мале перекриття справа	17	4	3	1,000

Важливим етапам дослідження було з'ясування шансів отримати певний тип ушкодження в залежності від положення в салоні автомобіля (рис. 1).

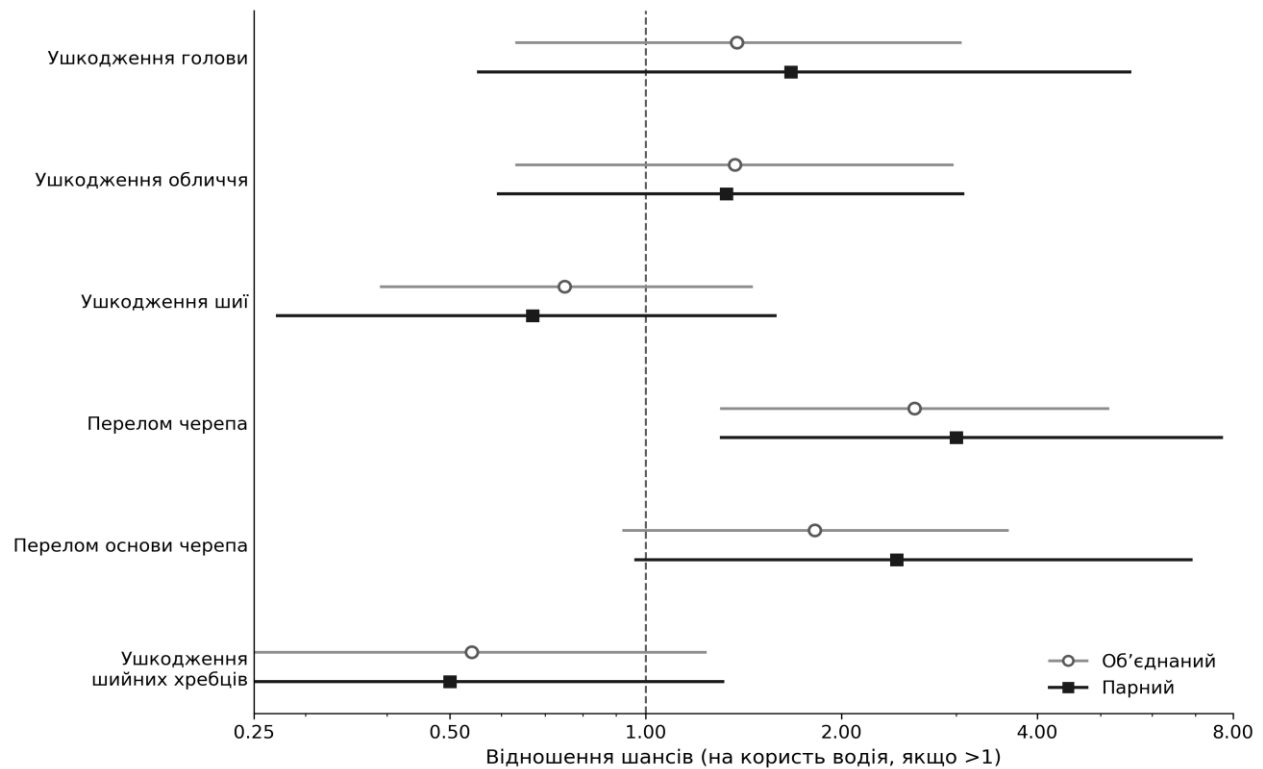


Рис. 1. Об'єднані та парні відношення шансів для наперед визначених краніоцервікальних маркерів: порожні кружки – позначають об'єднані відношення шансів; зафарбовані квадрати – парні відношення шансів.

Горизонтальні лінії відповідають 95% довірчим інтервалам. Значення понад 1 свідчать на користь місця водія (рис. 1).

Обговорення результатів дослідження. Отримані результати дозволяють зробити наступний висновок: після парного зіставлення в межах однієї ДТП перелом черепа залишався найвиразнішим краніоцервікальним маркером, що дозволяє стверджувати про положення тіла на місці водія в момент ДТП, тоді як ширші категорії ушкоджень голови, обличчя, шиї та шийних хребців такого ефекту не показали. Цей результат уточнює висновки недавніх автопсійних порівняльних досліджень, у яких було показано, що універсальні відмінності між водієм і пасажиром при зведеному аналізі ушкоджень є обмеженими [1, 2, 6-8].

Основна цінність отриманих даних полягає саме в дизайні дослідження. Внутрішньо-аварійне парне порівняння зменшує спотворення, спричинене спільною тяжкістю аварії, деформацією салону та загальним фронтальним навантаженням. Така логіка добре узгоджується з сучасними практиками більш точного документування транспортної травми і контекстно збагаченої інтерпретації ушкоджень замість ізольованого інтерпретування окремих ознак [3-6, 10]. Вона також узгоджується з новими даними щодо переломів, які показують, що тип транспортного засобу істотно впливає на характер ушкоджень в салоні автомобіля [4, 5, 10].

Збереження перелому черепа як маркера на користь місця водія є біомеханічно виправданим, але все ж умовним. Водій і пасажир переднього сидіння взаємодіють з неоднорідним середовищем всередині автомобіля через архітектуру керма, розташування рульової колонки та відмінності початкової пози перед ударом. Сучасні роботи, присвячені геометрії перекриття, повороту голови, положенню сидіння, конфігурації ременя та переміщення тіла, показують, що навантаження на голово-шийний комплекс при лобових ДТП суттєво залежить саме від цих змінних [9, 11-19, 30]. Тому найбезпечніший висновок полягає не в тому, що перелом черепа є абсолютно специфічною ознакою місця водія, а в тому, що в цій когорті летальних лобових ДТП він поведився як найбільш стабільний імовірнісний маркер.

Не менш важливим є те, що ушкодження голови, обличчя, шиї та шийних хребців не збереглися як надійні маркери місця сидіння після парного контролю. Останні праці, присвячені

механізмам летальності та диференційним причинам смерті в автомобільних аваріях, підкреслюють, що однаковий кінцевий результат може формуватися через різні шляхи травмування і навіть на тлі попередньої патології [6-8]. Коли такі ушкодження об'єднують без парного дизайну, спільні умови ДТП можуть створювати хибне враження про наявність того чи іншого критерію. Отримані дані свідчать, що низку краніоцервікальних ознак слід трактувати радше як маркери контексту ДТП, а не як самостійні маркери місця в салоні.

У підгрупах із малим перекриттям домінанта формування ушкоджень частіше відповідала стороні удару як у водія, так і у пасажирів, а не їх положенню в салоні. Такий патерн добре узгоджується з інженерною та біомеханічною літературою, яка показує, що геометрія перекриття асиметрично перерозподіляє навантаження між ділянками тіла [9, 12-19, 22-29]. Для реконструкційної практики це означає, що сторону формування ушкоджень потрібно спочатку розглядати як інформацію про сторону удару і лише потім як потенційно корисну ознаку місця в салоні автомобіля.

Дослідження також уточнює місце класичної судово-медичної школи в сучасному аналізі. Базові роботи давно рекомендували поєднувати тілесні ушкодження з кінематикою тіла, деформацією автомобіля та комплексною інформацією про ДТП [20, 21]. Парний аналіз, проведений у цій роботі, не суперечить цьому підходу; він його конкретизує. Серед досліджених краніоцервікальних маркерів лише перелом черепа зберіг відчутну дискримінаційну цінність після контролю аварійних впливів на рівні ДТП. Отже, будь-який зведений рольовий аналіз потрібно трактувати обережно, якщо не показано, що видимий сигнал зберігається при парному порівнянні в межах однієї аварії.

Дослідження має обмеження. Воно було ретроспективним, охоплювало лише летальні випадки й обмежувалося лобовими зіткненнями легкових автомобілів. Аналіз спирався на структуроване використання даних розтину та матеріалів справ, а не на прямі біомеханічні вимірювання. Детальні зміни щодо ефективності ременів, положення педалей і часу виживання після ДТП були відсутні. Кількість пар у підтипах була помірною, а сам парний дизайн застосовний лише до тих ДТП, в яких обидві особи (водій та пасажир переднього сидіння) були належно задокументовані.

Висновки.

При летальних лобових ДТП внутрішньо-аварійне парне зіставлення є кращим способом перевірити, чи справді певний комплекс ушкоджень допомагає відмежувати водія від пасажирів переднього сидіння.

У цьому масиві даних перелом черепа залишався найчіткішим краніоцервікальним маркером на користь місця водія після контролю аварійних впливів на рівні ДТП. Перелом основи черепа мав лише слабо підтримувальне значення, тоді як інші краніоцервікальні ушкодження більше залежали від контексту аварії, ніж від місця в салоні.

Для судово-медичної реконструкції практичний алгоритм полягає в тому, щоб спочатку визначити підтип лобового зіткнення, а вже потім оцінювати перелом черепа і латеральність у цьому контексті, не використовуючи зведені ушкодження голови, обличчя, шиї чи шийних хребців як загальні маркери місця розташування в салоні автомобіля.

Авторська декларація. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів, плагіату та джерел зовнішнього фінансування відносно цієї статті

Подяки. Автори висловлюють подяку колективам Чернівецького та Житомирського бюро СМЕ за можливість роботи з архівними даними.

Внески авторів.

Зозуля В.М. – збір даних, проведення порівняльного аналізу даних, статистичний аналіз та підготовка матеріалів до друку.

Ванчуляк О.Я. – консультація з приводу дизайну дослідження та інтерпретації даних.

Література/References

1. Breen JM, Næss PA, Gaarder C, Stray-Pedersen A. Autopsy findings in drivers and passengers from fatal motor vehicle collisions: limited differences in injury patterns and toxicological test results. *Forensic Sci Med Pathol.* 2021;17(2):235-46. doi:10.1007/s12024-021-00359-z.
2. Blandino A, Travaini G, Piga MA, Casali MB. Prediction model for autopsy diagnosis of driver and front passenger in fatal road traffic collisions. *Forensic Sci Int.* 2021;324:110853. doi:10.1016/j.forsciint.2021.110853.
3. Hartung B, Schäuble A, Peldschus S, Schüssler M, Meyer HL. The documentation of injuries caused by traffic accidents. *Dtsch Arztebl Int.* 2024;121(1):27-36. doi:10.3238/arztebl.m2023.0145.

4. Wulff A, Fernandez RGD, Dipnall JF, Blau S, Rowbotham SK. Patterns of skeletal trauma resulting from motor vehicle collisions: a scoping literature review. *Forensic Sci Res.* 2024;10(2):owae064. doi:10.1093/fsr/owae064.
5. Wulff AR, Dipnall JF, Biggs MJP, Fernandez RGD, Cheshire EC, de Boer HH, et al. An examination of skeletal fracture patterns in car occupants following fatal motor vehicle incidents. *Forensic Sci Int.* 2026;379:112740. doi:10.1016/j.forsciint.2025.112740.
6. O'Donovan S, van den Heuvel C, Baldock MRJ, Byard RW. Causes of fatalities in motor vehicle occupants: an overview. *Forensic Sci Med Pathol.* 2022;18(4):511-5. doi:10.1007/s12024-022-00503-3.
7. O'Donovan S, Humphries M, van den Heuvel C, Baldock MRJ, Byard RW. Cardiac disease and driver fatality. *Forensic Sci Med Pathol.* 2022;18(3):329-32. doi:10.1007/s12024-022-00475-4.
8. Byard RW, O'Donovan S, Gilbert JD. Seat belt asphyxia as a lethal mechanism in motor vehicle crashes. *Forensic Sci Med Pathol.* 2021;17(2):343-5. doi:10.1007/s12024-020-00306-4.
9. Xiao S, Shi X, Sun X, Zhang H, Ma W, Liu Z. Impact overlaps on occupant lower limb injuries under car frontal crash. *Int J Automot Technol.* 2022;23(3):659-65. doi:10.1007/s12239-022-0060-8.
10. Wulff A, Dipnall JF, Fernandez RGD, Cheshire EC, Biggs MJP, de Boer HH, et al. Investigating skeletal fracture patterns in truck occupants involved in fatal motor vehicle incidents. *Int J Legal Med.* 2025;139(2):901-15. doi:10.1007/s00414-024-03372-3.
11. Górniak A, Matla J, Górniak W, Magdziak-Tokłowicz M, Krakowian K, Zawisłak M, et al. Influence of a passenger position seating on recline seat on a head injury during a frontal crash. *Sensors (Basel).* 2022;22(5):2003. doi:10.3390/s22052003.
12. Kempter F, Lantella L, Stutzig N, Fehr J, Siebert T. Role of rotated head postures on volunteer kinematics and muscle activity in braking scenarios performed on a driving simulator. *Ann Biomed Eng.* 2023;51(4):771-82. doi:10.1007/s10439-022-03087-9.
13. Santos-Cuadros S, Page del Pozo Á, Álvarez-Caldas C, San Román García JL. Kinematic analysis of an unrestrained passenger in an autonomous vehicle during emergency braking. *Front Bioeng Biotechnol.* 2024;12:1270181. doi:10.3389/fbioe.2024.1270181.
14. Liu DY, Xiao S, Han FF, Hu BT. Lumbar and neck injuries of occupants in different reclining postures. *Chin J Traumatol.* 2024;27(4):211-7. doi:10.1016/j.cjtee.2024.02.005.
15. Mishra E, Lubbe N. Assessing injury risks of reclined occupants in a frontal crash preceded by braking with varied seatbelt designs using the SAFER Human Body Model. *Traffic Inj Prev.* 2024;25(3):445-53. doi:10.1080/15389588.2024.2318414.
16. Tian T, Xiao S, Sun X, Hu BT, Zhang H, Ma W, et al. Effect of hip flexion angle on lower limb injuries of occupants in autonomous vehicle crashes. *Comput Methods Biomech Biomed Engin.* 2023;26(16):1966-79. doi:10.1080/10255842.2022.2162338.
17. Östling M, Lubbe N. Load-limiting in the lap belt reduces injury risks associated with new seating positions. *Int J Crashworthiness.* 2023;28(5):591-600. doi:10.1080/13588265.2022.2109882.
18. Schaefer LC, Junge M, Vörös I, Koçaslan K, Becker U. Odds ratios for reclined seating positions in real-world crashes. *Accid Anal Prev.* 2021;161:106357. doi:10.1016/j.aap.2021.106357.
19. Fan T, Nie Z, Xinming Wan X, Liu Yu, Yang P, Chen J Fan T, et al. Investigation of the driver injury risks in small overlap impact with automatic emergency braking. *Transp Saf Environ.* 2025;7(1):tdae028. doi:10.1093/tse/tdae028.
20. Smock WS, Nichols GR 2nd, Fuller PM, Weakley-Jones B. The forensic pathologist and the determination of driver versus passenger in motor vehicle collisions. The need to examine injury mechanisms, occupant kinematics, vehicle dynamics, and trace evidence. *Am J Forensic Med Pathol.* 1989;10(2):105-14. doi:10.1097/00000433-198906000-00004.
21. Curtin E, Langlois NEI. Predicting driver from front passenger using only the postmortem pattern of injury following a motor vehicle collision. *Med Sci Law.* 2007;47(4):299-310. doi:10.1258/rsmmsl.47.4.299.
22. Scullion P, Morgan RM, Mohan P, Kan CD, Shanks K, Jin W, Tangirala R. A reexamination of the small overlap frontal crash. *Ann Adv Automot Med.* 2010;54:137-48.
23. Sherwood CP, Mueller BC, Nolan JM, Zuby DS, Lund AK. Development of a frontal small overlap crashworthiness evaluation test. *Traffic Inj Prev.* 2013;14(Suppl 1):S128-S135. doi:10.1080/15389588.2013.790539.
24. Hallman JJ, Yoganandan N, Pintar FA, Maiman DJ. Injury differences between small and large overlap frontal crashes. *Ann Adv Automot Med.* 2011;55:147-57.
25. Ammori MB, Abu-Zidan FM. The biomechanics of lower limb injuries in frontal-impact road traffic collisions. *Afr Health Sci.* 2018;18(2):321-32. doi:10.4314/ahs.v18i2.17.
26. Burgess AR, Dischinger PC, O'Quinn TD, Schmidhauser CB. Lower extremity injuries in drivers of airbag-equipped automobiles: clinical and crash reconstruction correlations. *J Trauma.* 1995;38(4):509-16. doi:10.1097/00005373-199504000-00008.
27. Funk JR, Rudd RW, King RJ, Crandall JR, Turret LJ, Post A, Shams T. Injuries caused by brake pedal loading of the midfoot. *Biomed Sci Instrum.* 2012;48:134-40.
28. Ye X, Poplin GS, Bose D, Banerjee A, Tiesman HM, Lee EG, Zhu S. Analysis of crash parameters and driver characteristics associated with lower limb injury. *Accid Anal Prev.* 2015;83:37-46. doi:10.1016/j.aap.2015.06.013.
29. Ammori MB, Eid HO, Abu-Zidan FM. Lower limb and associated injuries in frontal-impact road traffic collisions. *Afr Health Sci.* 2016;16(1):306-10. doi:10.4314/ahs.v16i1.40.

30. Brynskog E, Östh J, Larsson KJ, Iraeus J. Effect of occupant and restraint variability in reclined positions on submarining probability in frontal car crash scenarios. *Front Bioeng Biotechnol.* 2025;13:1570572. doi:10.3389/fbioe.2025.1570572.

Відомості про авторів:

Зозуля Віталій Михайлович – кандидат медичних наук, доцент, начальник Державної спеціалізованої установи "Житомирське обласне бюро судово-медичної експертизи", м. Житомир, Україна, email: cuculus78@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-6696-5599

Ванчуляк Олег Ярославович - доктор медичних наук, професор, професор кафедри судової медицини та медичного права Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, Україна, email: vanchuliak.oleh@bsmu.edu.ua, ORCID: 0000-0003-0243-1894

Information about the authors:

Zozulia Vitalii Mykhailovych– Candidate of Medical Science, Associate Professor, Head of the State Specialized Institution "Zhytomyr Regional Bureau of Forensic Medical Examination", Zhytomyr, Ukraine, email: cuculus78@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-6696-5599

Vanchuliak Oleh Yaroslavovych – Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of the Department of Forensic Medicine and Medical Law, Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine, email: vanchuliak.oleh@bsmu.edu.ua, ORCID: 0000-0003-0243-1894

Надійшло до редакції 12.03.2026 р.

Прорецензовано 31.03.2026 р.

Прийнято до друку 20.04.2026 р.