

Є.Я. Костенко

Комплексна методика судово-медичної експертизи укушених ран і слідів, залишених зубо-щелепним апаратом

ДВНЗ «Ужгородський національний університет», м. Ужгород, Україна

Мета: розробити та експериментально обґрунтувати алгоритм оптимізованої реєстрації слідів укусів на біологічних тканинах і продуктах харчування відповідно до особливостей їх графічної верифікації та врахуванням можливих трасологічних і гнатологічних направляючих руху щелеп.

Методи. В експерименті було досліджено 88 імітованих пар слідів укусів пацієнтів (45 чоловіків і 43 жінок) за двома різними алгоритмами. Попередньо всім пацієнтам за клінічними показаннями була проведена комп'ютерна томографія з обов'язковою візуалізацією фронтальної ділянки верхньої щелепи. Укус імітували тиском гіпсової моделі ділянки шести фронтальних верхніх зубів на тильну поверхню передпліччя. Після цього у три різні інтервальні періоди (до двох годин, від двох годин і до двох діб і через дві доби) отримували відбитки рани за допомогою високотіскотропного твердіючого гідроколоїдного відбиткового матеріалу «Impregum Penta» (3M). Отриманий відбиток сліду укусу сканували за допомогою екстраорального сканера DW S50, Wieland Dental із вмонтованою платформою DWOS з отриманням цифрового STL-файлу.

Результати. У результаті проведених досліджень визначено та доведено статистично переконливу ефективність використання графічних методів реєстрації слідів укусів у порівнянні з геометричними та морфометричними методами дослідження та розроблено алгоритм адаптації протоколу графічної реєстрації слідів укусу з використанням принципів сканування та повноформатного процесингу об'єму цифрових даних. Використання графічної суперімпозиції зображень і SURF-протоколу в ході реєстрації ідентифікаційних співпадінь у різні періоди часу аргументовано високим відсотком ефективності (94±1,4 %) оптимізованого методу реєстрації слідів укусів з використанням скриптів комп'ютерного бачення та апроксимізації положень релеватних точок.

Висновки. У роботі наведено експериментальне обґрунтування підходу реєстрації слідів укусу з урахуванням особливостей механізму утворення укушених ран за допомогою цифрового програмного забезпечення з реєстрацією відбитків оклюзійних характеристик ріжучих країв і врахуванням динамічної артикуляційної складової та встановлено, що в залежності від вибраного методу реєстрації негативного відображення оклюзійних поверхонь ріжучих країв визначено ідентифікаційну значущість особливостей анатомії зубів, морфологічних та ятрогенних змін у процесі реєстрації достовірних елементів і релеватних точок співставлення.

Ключові слова: укушена рана, алгоритм SURF, суперімпозиція, відбитки зубів.

Вступ

Одним із завдань судової стоматології є експертна оцінка укушених ран, судово-медична експертиза ушкоджень м'яких тканин обличчя, щелепно-лицевих кісток і зубів у випадках механічної травми, вогнепальних пошкоджень, дії крайніх температур, електрики, радіаційних [1, 4, 5, 8].

Зазвичай широко представлені та висвітлені питання травматології щелепно-лицевої ділянки, але не достатньо і не завжди в повному об'ємі використовується стоматологічний, а точніше одонтологічний статус. [7,9,10].

У процесі роздільного дослідження судово-медичний експерт виявляє та оцінює ідентифікаційні ознаки слідів зубів на надісланих об'єктах. Подібні дослідження мають на меті:

- знайти у слідах ідентифікаційні ознаки людини, яка залишила ці сліди;
- установити, чи придатна знайдена сукупність ознак для ідентифікації особи [2, 3, 6];
- визначити за копіями та відбитками зубів обвинуваченого або підозрюваної особи, за особливостями будови зубо-щелепного апарату [11, 13, 16];
- перевірити, наскільки стійко знайдені особливості передаються в наявних слідах і відбитках [16, 17, 18];
- з'ясувати, чи відповідають експериментальні відбитки і досліджуваним слідам [12, 14, 15].

Мета дослідження – розробити та експериментально обґрунтувати алгоритм оптимізованої реєстрації слідів укусів на біологічних тканинах і продуктах харчування відповідно до особливостей їхньої графічної верифікації та врахуванням можливих трасологічних і гнатологічних направляючих руху щелеп.

Матеріали та методи дослідження

Дослідження проводилось на базі університетської стоматологічної поліклініки ДВНЗ «Ужгородський національний університету» протягом двох років. В експерименті було досліджено 88 імітованих пар слідів укусів пацієнтів (45 чоловіків і 43 жінок) за двома різними алгоритмами. Відповідно до першого експериментального алгоритму, аналіз слідів укусів проводився у відповідності з рекомендаціями та стандартизованою етапністю дослідження запропонованої ABFO (American Board of Forensic Odontology), та прийнятої комісією IOFOS як еталон. Від 154 пацієнтів отримали відбитки верхньої щелепи за допомогою відбиткового матеріалу «Express XT», за якими на протязі двох годин відлили моделі із супергіпсу. Попередньо всім пацієнтам за клінічними показаннями була проведена комп'ютерна томографія з обов'язковою візуалізацією фронтальної ділянки верхньої щелепи. Укус імітували тиском гіпсової моделі ділянки 6 фронтальних верхніх зубів на тильну поверхню передпліччя (рис. 1). Після цього у три різні інтервальні періоди (до двох годин, від двох годин і до двох діб і через дві доби) отримували відбитки рани за допомогою високотіскотропного твердіючого гідроколоїдного відбиткового матеріалу «Impregum Penta» (3M). Отриманий відбиток сліду укусу сканували за допомогою екстраорального сканера DW S50, Wieland Dental із вмонтованою платформою DWOS з отриманням цифрового STL-файлу. Відповідно до специфікації формату STL інформація про відбиток сліду укусу зберігається як список трикутних граней (комірок), що описують його поверхню, і нормалей до цих граней. Специфікація зумовлює ряд особливостей, яким повинна відповідати модель, що зберігається і даному формату:

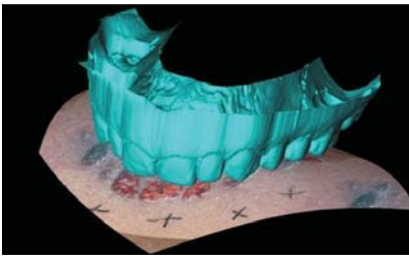


Рис. 1. Графічна імітація укусу.

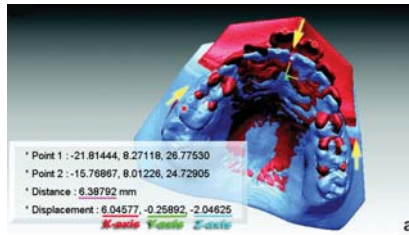
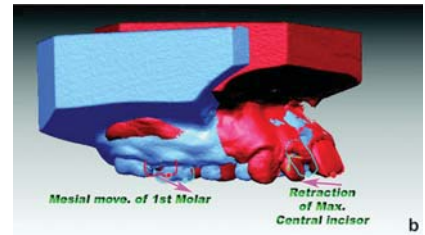


Рис. 2. Суперімпозиція графічних моделей на пошук релевантних областей за допомогою SURF-алгоритму.



- для кожної трикутної грані треба розрахувати нормаль, яка направлена назовні від об'єкта. Деякі програми для візуалізації STL-файлів можуть автоматично розраховувати нормаль, якщо вона не задана за правилом правої руки;
- відповідність правилу «вершина до вершини». Кожний трикутник повинен мати по дві спільні вершини з кожним прилеглим трикутником. Інакше кажучи, вершина трикутника не може лежати на стороні іншого трикутника.

У подальшому проводили аналіз отриманого графічного об'єкта за допомогою прикладного програмного забезпечення Autodesk 3ds Max. Модель об'єкта у 3ds Max 2008 відображається в чотирьох вікнах проєкції. Таке відображення тривимірної моделі використовується в багатьох редакторах тривимірної графіки і дає найбільш повне уявлення про геометрію об'єкта. Методи моделювання Autodesk 3ds Max (полігональне моделювання; моделювання на основі неоднорідних раціональних B-сплайнів (NURBS); моделювання на основі порцій поверхонь Безье (Editable patch); моделювання з використанням вбудованих бібліотек стандартних параметричних об'єктів (примітивів) і модифікаторів) можуть поєднуватися один з одним і допомагають відновити приблизну форму зубів відповідно до зареєстрованих особливостей ріжучих країв. У подальшому проводять процес пошуку релевантних ідентифікаційних точок на об'ємі зображення методом вибіркового рендерингу з використання алгоритму SURF (рис. 2).

Таким чином, забезпечується відмінність дескрипторів для різних ключових точок. Флуктуації градієнта околиць ключової точки рахуються відносно напрямлення градієнта навколо точки в цілому (по всій околиці ключової точки). Таким чином, досягається інваріантність дескриптора відносно повороту. Розмір самої області, на якій обчислюється дескриптор, визначається розміром матриці Гессе, що забезпечує інваріантність відносно масштабу зображення.

Після верифікації релевантних точок проводять суперімпозицію STL-модифікованого файлу та DICOM КТ-зображення пацієнта, з верхньої щелепи якого була виготовлена модель, що імітувала укус, у програмному забезпеченні Planmeca Romexis Viewer. Даний етап забезпечується скриптом ретрейсингу, тобто трьохлінійної інтерполяції зображень. За допомогою SURF-алгоритму проводять реєстрацію точок відповідності, за кількістю яких оцінюють ефективність проведеної ідентифікації слідів укусу.

Ведення та документування даних експериментального дослідження проводили з використанням методів комп'ютерної реєстрації даних із заповненням відповідних граф-логічних клітинок для подальшої статистичної обробки результатів за допомогою Microsoft Office Excel 2003 (Microsoft Office) та Origin (Origin Lab).

Таким чином, використаний комплекс статистичних, математичних, експериментальних, судово-медичних і графічних методів дослідження може вирішити поставлені мету й завдання нашого дослідження.

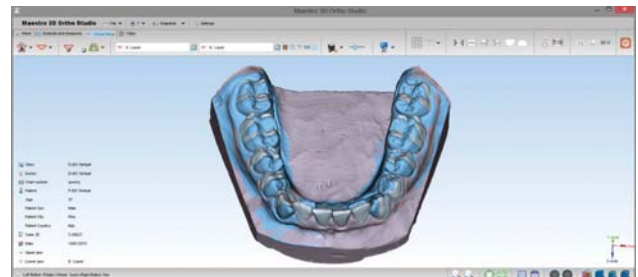


Рис. 3. Суперімпозиція зображень (ділянка, що співпадають не зафарбовані).

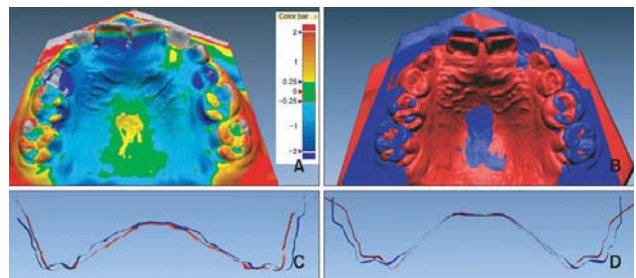


Рис. 4. Суперімпозиція зображень (ділянка, що співпадають не зафарбовані).

Результати дослідження

В умовах реалізації алгоритмів: «сканування сліду укусу – рендеринг і надбудова зображення – суперімпозиція з даними КТ» та «формування моделі-сканування моделі-рендеринг і надбудова зображення – суперімпозиція з даними КТ» (рис. 3, 4) були отримані дані, що підтверджують ефективність використання обох алгоритмів в порівнянні з мануальним протоколом реєстрації укусів за допомогою міліметрових лінійок і транспозицією орієнтувальної сітки Касатєєва.

Однак в умовах порівняння алгоритм реєстрації слідів укусу з місця пошкодження у період до 2-х годин з виготовленням моделей виявив найбільшу кількість ідентифікаційних точок у порівнянні з відстроченим і віддаленим етапом реєстрації, що можна представити середнім математичним співвідношенням 78/56/23 (рис. 5).

У той же час при реалізації алгоритму реєстрації слідів укусу безпосередньо з поверхні шоколаду в будь-який період реєстрації середня кількість ідентифікаційних точок залишалась фіксованою та специфічною для кожного індивідуального укусу (248-156) і залежала лише від роздільної здатності об'єкта сканування та правильності проведення методу.

При проведенні суперімпозиції сканованих зображень із зображення щелеп пацієнтів, отриманих у ході комп'ютерної томографії, відмічаємо, що кількість співпадінь (точок відповідності) при використанні модифікованого алгоритму складає в середньому $94 \pm 1,4$ % від усієї початково зареєстрованої маси точок (рис. 6).

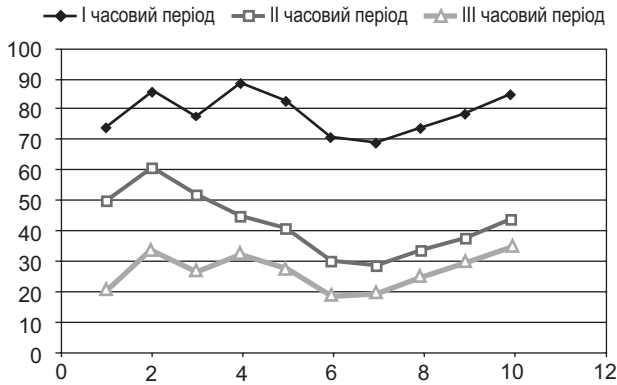


Рис. 5. Кількісне співвідношення ідентифікаційних точок різних експериментальних випадків у різні часові періоди.

Співвідношення початкової кількості зареєстрованих точок та ідентифікаційних співпадінь з використанням еталонного алгоритму з отриманого попередньо відбитка з поверхні імітованого укусу на шкірі в різні часові періоди відрізнялося зі збереженням регресивної тенденції в залежності від часової детермінанти.

Співвідношення початкової кількості зареєстрованих точок та ідентифікаційних співпадінь з використанням стандартного алгоритму в різні часові періоди (рис. 7).

При порівнянні кількості співпадінь з використанням адаптованої методики безпосереднього сканування місця укусу та еталонного протоколу з отриманням та скануванням моделей виявлено, що ефективність оптимізованого підходу забезпечує в чотири рази більше унікальних релевантних елементів з індивідуальною ідентифікаційною якістю (рис. 8).

У результаті проведених досліджень визначено та доведено статистично переконливу ефективність використання графічних методів реєстрації слідів укусів у порівнянні з геометричними та морфометричними методами дослідження та розроблено алгоритм адаптації протоколу графічної реєстрації слідів укусу з використанням принципів сканування та повноформатного процесингу об'єму цифрових даних. Використання графічної суперімпозиції зображень і SURF-протоколу в ході реєстрації ідентифікаційних співпадінь у різні періоди часу аргументовано високим відсотком ефективності ($94 \pm 1,4\%$) оптимізованого методу реєстрації слідів укусів з використанням скриптів комп'ютерного бачення та апроксимізації положень релевантних точок.

Висновки

У роботі наведено експериментальне обґрунтування та теоретичне узагальнення підходу реєстрації слідів укусу з урахуванням особливостей механізму утворення укушених ран за допомогою цифрового програмного забезпечення з реєстрацією відбитків оклюзійних характеристик ріжучих країв і врахуванням динамічної артикуляційної складової.

У залежності від вибраного методу реєстрації негативного відображення оклюзійних поверхонь ріжучих країв визначено ідентифікаційну значущість особливостей анатомії зубів, морфологічних та ятрогенних змін у процесі реєстрації достовірних елементів і релевантних точок співставлення.

Розроблено алгоритм адаптації протоколу графічної реєстрації слідів укусу з використанням принципів сканування та повноформатного процесингу об'єму цифрових даних.

Доведено доцільність використання графічної суперімпозиції зображень і SURF-протоколу в ході реєстрації ідентифікаційних співпадінь в різні періоди часу.

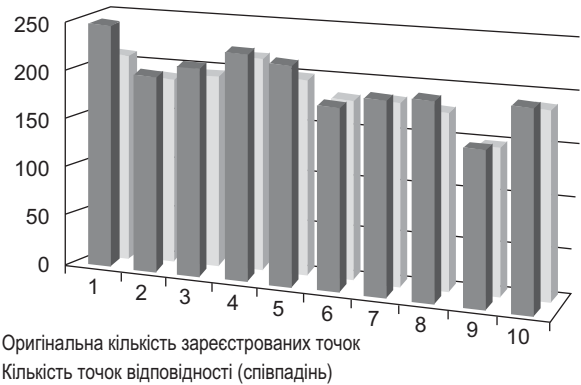


Рис. 6. Співвідношення початкової кількості зареєстрованих точок та ідентифікаційних співпадінь з використанням модифікованого алгоритму.

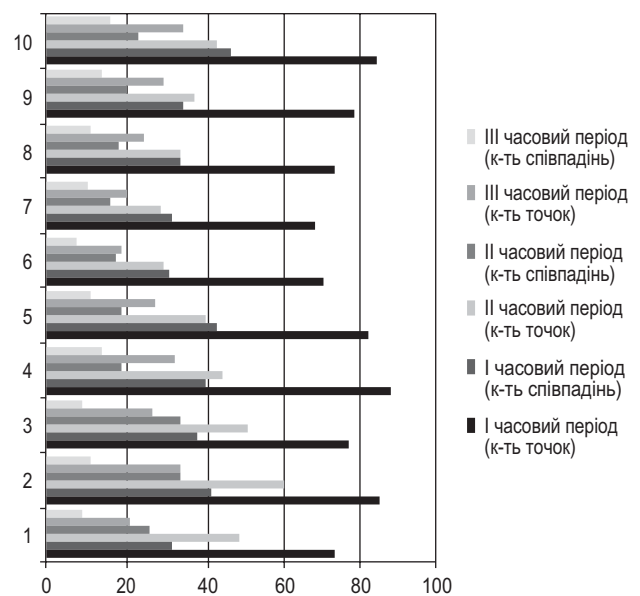


Рис. 7. Співвідношення початкової кількості зареєстрованих точок та ідентифікаційних співпадінь з використанням стандартного алгоритму в різні часові періоди.

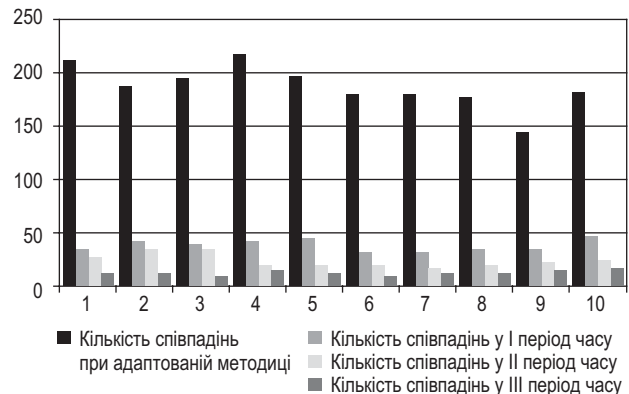


Рис. 8. Порівняння кількості співпадінь з використанням адаптованої методики безпосереднього сканування місця укусу та еталонного протоколу з отриманням і скануванням моделей.

Експериментально аргументовано високий відсоток ефективності ($94 \pm 1,4\%$) оптимізованого методу реєстрації слідів укусів з використанням скриптів комп'ютерного бачення та апроксимізації положень релевантних точок.

ЛІТЕРАТУРА

1. Aksu M.N., Gobetti J.P. The past and present legal weight of bite marks as evidence // The American journal of forensic medicine and pathology. – 1996. – Т. 17. – № 2. – С. 136–140.
2. Avon S.L. Forensic odontology: the roles and responsibilities of the dentist // Journal-Canadian Dental Association. – 2004. – Т. 70. – № 7. – С. 453–458.
3. Barsley R.E., West M.H., Fair J.A. Forensic photography: ultraviolet imaging of wounds on skin // The American journal of forensic medicine and pathology. – 1990. – Т. 11. – № 4. – С. 300–308.
4. Bell K. Identification and documentation of bite marks // Journal of Emergency Nursing. – 2000. – Т. 26. – № 6. – С. 628–630.
5. Bernitz H. et al. A technique to capture, analyze, and quantify anterior teeth rotations for application in court cases involving tooth marks // Journal of forensic sciences. – 2006. – Т. 51. – № 3. – С. 624–629.
6. Bernitz H. et al. An integrated technique for the analysis of skin bite marks // Journal of forensic sciences. – 2008. – Т. 53. – № 1. – С. 194–198.
7. Blackwell S. A. et al. 3-D imaging and quantitative comparison of human dentitions and simulated bite marks // International journal of legal medicine. – 2007. – Т. 121. – № 1. – С. 9–17.
8. Bowers C.M. Forensic dental evidence: an investigator's handbook. – Academic Press, 2004.
9. Bowers C.M., Johansen R.J. Digital analysis of bite marks and human identification // Dental clinics of North America. – 2001. – Т. 45. – № 2. – С. 327–42, ix.
10. Bush M.A. et al. Biomechanical Factors in Human Dermal Bitemarks in a Cadaver Model* // Journal of forensic sciences. – 2009. – Т. 54. – № 1. – С. 167–176.
11. Сливка М.М., Костенко Є.Я. Експериментальна оцінка методу релевантного зіставлення рентгенологічних зображень для ідентифікації осіб за стоматологічним стату-сом // Буковинський медичний вісник. – 2013. – № 17, № 3 (1). – С. 157–159.
12. Костенко Є.Я. и др. Клініко-експериментальне обґрунтування судово-медичної класифікації стоматологічного статусу // Вісник проблем біології і медицини. – 2013. – № 4 (1). – С. 361–364.
13. Костенко Є.Я. Обґрунтування експериментального методу релевантного спів-ставлення кластерних об'єктів цифрових ортопантомограм // Судово-медична експертиза. – 2013. – № 2. – С. 36–39.
14. Костенко Є.Я., Белей О.Л. Клініко-експериментальне обґрунтування ідентифікації особи за внутрішньокістковими дентальними імплантатами // Український медичний альма-нах. – 2012. – № 15, № 5. – С. 97–99.
15. Костенко Є.Я., Біда В.І., Мішало В.Д. Скануючі методики комп'ютерної ідентифі-кації особи за цифровими ортопантомограмами // Методичні рекомендації, Ужгород. – 2012.
16. Костенко Є.Я., Гончарук-Хомин М.Ю. Алгоритм рентгенологічного аналізу орто-пантомограм з метою обрахування комплексних константних антропометричних індексів та оцінки атрофії альвеолярної частини нижньої щелепи // Вісник морфології. – 2013. – № 2. – С. 447–450.
17. Костенко Є.Я., Мішало В.Д., Біда В.І. Експериментальне обґрунтування методу визначення тотожності рентгенівського співставлення за допомогою контрастного контуру-вання стоматологічних втручань // аврчеський медико-біологічний вестник. – 2012.
18. Черняк В.В., Гасюк П.А., Писаренко О.А. Використання одонтологічних ознак різ-них груп зубів для клінічної та судової стоматології // LINCAL DENTISTRY. – 2014. – № 2.

Комплексная методика судебной-медицинской экспертизы укушенных ран и следов, оставленных зубочелюстным аппаратом

Є.Я. Костенко

Цель: разработать и экспериментально обосновать алгоритм регистрации слов укусов на биологических тканях и продуктах питания в зависимости от особенностей графической верификации и с учетом возможных трасологических и гнатологических направляющих движения челюстей.

Методы. В эксперименте исследовано 88 имитированных следов укусов пациентов. Укус имитировали методом давления на гипсовую модель участка шести фронтальных верхних зубов на тыльную поверхность предплечья. Полученный оттиск сканировали с помощью экстраорального сканера DW S50, Wieland Dental.

Результаты. В результате проведенных исследований разработан алгоритм адаптации протокола графической регистрации следов укусов. использование графической суперимпозиции изображений и SURF-протокола в ходе регистрации совпадений в разные периоды времени аргументировано высоким процентом эффективности (94±1,4 %).

Выводы. Данное исследование освещает актуальную проблематику идентификации укушенных ран и следов зубочелюстного аппарата с целью установления принадлежности лицу, что значительно упростит криминалистические действия. Описанные модифицированные методики позволяют достоверно идентифицировать следы в цифровом формате, что подвергается автоматической верификации слеодообразующего и следовоспринимающего объекта.

Ключевые слова: укушенная рана, алгоритм SURF, суперимпозиция, отпечатки зубов.

Integrated method of forensic examination bite wounds and traces left by the teeth-chelbstnym machine

Ye. Kostenko

Objective: to develop and experimentally prove registration optimized algorithm of bitemarks identification on biological tissues and food according to the graphic verification and take into account possible trasological guide movements of the jaws.

Methods. The experiment included study of 88 pairs of simulated bitemarks (45 men and 43 women) by two different algorithms. Previously, to all patients by clinical indications were performed computed tomography imaging with the obligatory frontal area of the upper jaw. Bite was simulated by pressure of 6 frontal upper teeth of cast model on the back surface of the forearm. Then in three different time intervals (up to 2 hours, from 2 hours to 2 days, and 2 days) impressions were made with hydro colloidal impression material Impregum Penta (3M). The resulting bitemarks were scanned using extra oral scanner DW S50, Wieland Dental with DWOS platform, obtaining digital STL-file.

Results. The result of the research shows statistically convincing and proven efficiency of bitemarks registration techniques compared with geometric morphometric methods and algorithm research. Using images and graphics of SURF-protocol during registration identification matches at different times, efficiency shows high percentage (94±1.4 %) by optimized method of registration bitemarks and using scripts computer vision.

Conclusions. In this paper the experimental study of bitemarks registration taking into account the peculiarities of the formation bitten wounds with a digital software registration, occlusive characteristics of the cutting edges and taking into account the dynamic articulation component, identifying features of anatomy of the teeth, and iatrogenic morphological changes in the registration process elements and reliable points of comparison.

Key words: bitemarks, the algorithm SURF, bitten wound.

Костенко Євген Якович – д-р мед. наук, професор,
декан стоматологічного факультету ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,
директор Науково-навчального центру судової стоматології, президент судової стоматології України.
Адреса: 88000, м. Ужгород, вул. Університетська, 16-а. **Тел.:** (067) 500-46-60. **E-mail:** detstomat@mail.ru.