

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ЗУБ ГЛІБ ЕДУАРДОВИЧ

УДК 616.716.4-001.5-053.2-08-06-084(043.3/.5)

**ОПТИМІЗАЦІЯ ЛІКУВАННЯ ТА ПРОФІЛАКТИКА УСКЛАДНЕНЬ
ПРИ ПЕРЕЛОМАХ НИЖНЬОЇ ЩЕЛЕПИ У ДІТЕЙ**

221 — стоматологія

22 – охорона здоров'я

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії
Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Гліб ЗУБ

Науковий керівник: д.мед. н., професор
Ілона КОВАЧ

Дніпро — 2025 рік

АНОТАЦІЯ

Зуб Г.Е. Оптимізація лікування та профілактика ускладнень при переломах нижньої щелепи у дітей. — Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії (кандидата медичних наук) за спеціальністю 221 – Стоматологія (22 – Охорона здоров'я). – Дніпровський державний медичний університет. – Дніпро, 2025.

У дисертаційній роботі наведено вирішення актуальної наукової задачі, яка полягає у підвищенні ефективності хірургічного лікування переломів нижньої щелепи у дітей та профілактики ускладнень шляхом оптимізації методики МОС, визначення безпечних зон і точок фіксації мініпластин з урахуванням вікових анатомічних особливостей та розробки комп'ютерної програми для планування оперативного втручання.

Травматичні ушкодження щелепно-лищевої ділянки у дітей залишаються однією з найактуальніших проблем сучасної дитячої травматології та щелепно-лищевої хірургії. За даними літератури, до 90 % усіх переломів лищевого скелета у дітей припадає на щелепи [1-5]. Переломи нижньої щелепи займають друге місце за частотою виникнення серед усіх переломів щелепно-лищевої ділянки, а також займають друге місце у дітей після запальних захворювань [6-9]. Особливу складність у діагностиці й лікуванні переломів нижньої щелепи у дітей створюють анатомо-фізіологічні особливості, а саме, активні процеси росту та ремоделювання кісткової тканини, наявність зачатків постійних зубів, варіативність стадій прорізування та мінералізації, а також ризик порушення формування щелепно-лищевої системи при неправильному лікуванні. Вибір тактики лікування залежить від віку дитини, стадії розвитку зубощелепної системи, локалізації та характеру перелому.

Стандартні підходи до МОС, розроблені переважно для дорослих пацієнтів, не завжди є безпечними та ефективними у дітей і можуть призводити до порушення росту щелепи, деформацій, пошкодження зачатків зубів і неврологічних ускладнень [10-13]. Тому виникає потреба в удосконаленні методик МОС з урахуванням вікових анатомо-фізіологічних особливостей дитячого організму.

Особливої актуальності набуває питання розробки «безпечних» зон для фіксації мініпластин і оптимізації алгоритмів планування оперативного втручання з використанням сучасних комп'ютерних технологій.

Зважаючи на актуальність проблеми, високу клінічну значущість та недостатню кількість практично орієнтованих досліджень, що враховують вікову анатомічну мінливість нижньої щелепи у дітей, актуальною є розробка нових підходів до МОС, заснованих на сучасних технологіях візуалізації, біомеханічному аналізі та індивідуалізованому хірургічному плануванні.

Тому саме ці аспекти й визначили напрям наукового пошуку та стали підґрунтям для проведення даного дослідження, а також формування мети і завдань для його реалізації.

Відповідно до поставлених задач нами було створено та реалізовано програму досліджень, що складалась з 4 основних етапів.

На першому етапі в ретроспективному дослідженні нами було проведено аналіз 253 комп'ютерних томограм нижньої щелепи без перелому у пацієнтів 1-17 років з метою визначення безпечних зон для фіксації мініпластин та точок свердління гвинтів, які їх утримують при хірургічному лікуванні перелому нижньої щелепи різної локалізації: 50 комп'ютерних томограм у дітей 1-5 років, з яких 21 дівчат (42%) та 29 хлопців (58%), 101 томограма – 6-12 років, з яких 44 дівчини (43,6%) та 57 хлопців (56,4%) та 102 комп'ютерні томограми у дітей 9-17 років, з яких 39 дівчат (38,2%) та 63 хлопця (61,8%), а також 27 комп'ютерних томограм пацієнтів від 10 до 17 років з переломами нижньої щелепи, з яких 9 дівчат (34,6%) та 17 хлопців (65,4%) та дані історій хвороб дітей з переломами нижньої щелепи, які

лікувались шляхом МОС у щелепно-лицевих відділеннях міських лікарень м. Дніпро за період з 2012 по 2022 роки. При аналізі томографічних знімків дітей віком від 6 до 12 років встановлено, що у 85 % випадків перелом нижньої щелепи проходив через корені перших постійних премолярів або молярів, а також через зачатки других постійних премолярів або молярів. Крім того, у всіх досліджених випадків спостерігалось максимально близьке розташування нижньощелепного каналу до лінії перелому.

Отримані дані свідчать, що враховуючи анатомічні особливості будови нижньої щелепи у дітей зазначеної вікової групи та наявність зачатків постійних зубів, традиційне свердління по нижньому краю щелепи в ділянці від дистального краю постійного ікла до дистального краю другого постійного моляра є потенційно ризиковим.

На другому етапі нами було проведено вивчення напружено-деформованого стану фіксуєчих пластин, гвинтів, що їх утримують та безпосередньо нижньої щелепи у зоні її перелому на тривимірній скінченно-елементній моделі з різними варіантами локалізації її переломів та обґрунтовано вибір оптимальної фіксації кісткових уламків на математичній моделі, а також було розроблено алгоритм місця фіксації мініпластин за допомогою комп'ютерної програми.

В результаті виконання цього етапу дослідження нами було встановлено, що одними із основних факторів, які впливають на локалізацію переломів в межах зубного ряду, є наявність лунок зубів та зачатків постійних зубів, їх топографія, які суттєво зменшують площу кісткової тканини у поперечних перерізах щелепи і через які, частіше за все, проходять лінії переломів. Для надійної фіксації фрагментів нижньої щелепи з можливістю сприйняття функціональних навантажень, які виникають при пережовуванні їжі, можна рекомендувати фіксацію перелому двома мініпластинами. Крім того, максимальні значення еквівалентних напружень у кортикальному шарі нижньої щелепи при фіксації перелому однією мініпластиною гвинтами довжиною 5 мм на 21-39 % менші аналогічних

значень еквівалентних напружень, що виникають при фіксації перелому однією мініпластиною гвинтами довжиною 3 мм. Доведено, що застосування гвинтів діаметром 2 мм і довжиною меншою 3 мм є недоцільним, так як призводить до збільшення значень еквівалентних напружень у кортикальному шарі нижньої щелепи у порівнянні з використанням гвинтів довжиною 5 мм більше ніж на 40%. При цьому встановлення гвинтів довжиною меншою за 2 мм при фіксації мініпластин навіть товщиною 0,6-0,8 мм є абсолютно недоцільним, так як глибина занурення гвинтів у кортикальний шар кістки при цьому складає 1,2-1,4 мм, що є недостатнім для надійної фіксації переломів, а використання гвинтів довжиною більшою за 5 мм, з біомеханічної точки зору, є мало виправданим, так як призводить до зовсім незначного зменшення значень еквівалентних напружень у кортикальному шарі кістки щелепи.

Отримані дані біомеханічного дослідження нижньої щелепи дозволили визначити максимально допустиму глибину занурення гвинтів у кісткову тканину при лікуванні переломів нижньої щелепи у дітей в різні вікові періоди з урахуванням стану прикусу дитини.

На даному етапі дослідження було також здійснено аналіз лінійних регресійних моделей для оцінки впливу віку пацієнтів на анатомічні параметри нижньої щелепи, зокрема — на зміну відстаней до ключових структур, що мають значення при плануванні МОС. Отримані результати стали підґрунтям для удосконалення алгоритму вибору оптимального місця фіксації мініпластин, який враховує не лише локалізацію перелому, а й вікові особливості анатомічної будови нижньої щелепи у дітей. У процесі дослідження було визначено та обґрунтовано оптимальні «безпечні» зони фіксації при хірургічному лікуванні переломів нижньої щелепи у дітей залежно від анатомічної локалізації ушкодження та вікових особливостей пацієнтів.

Для детального аналізу потенційних ризиків виникнення ускладнень при використанні мінігвинтів із глибиною занурення 2,0 мм, 2,5 мм, 3,0 мм,

3,5 мм та 4,0 мм було застосовано емпіричний пороговий підхід із використанням 95 % довірчого інтервалу, обчисленого за методом Клоппера–Пірсона. Такий підхід дозволив кількісно оцінити межі безпечного використання гвинтів і обґрунтувати вибір параметрів МОС для дітей різного віку з мінімізацією імовірності пошкодження анатомічно важливих структур.

Узагальнення отриманих результатів дозволило нам розробити спеціалізовану комп'ютерну програму «Визначення місця для фіксації мініпластин у дітей при переломах нижньої щелепи», яка дозволяє реалізувати індивідуалізоване планування хірургічного втручання з урахуванням локалізації ушкодження та віку пацієнта. Програма забезпечує інтерактивну візуалізацію плану МОС, що сприяє покращенню точності хірургічних маніпуляцій, зниженню ризику пошкодження анатомічно важливих структур та мінімізації післяопераційних ускладнень, а також підвищує ефективність роботи щелепно-лицевого хірурга.

Третій етап дослідження було присвячено оцінці прогностичної цінності білків-промаркерів у передбаченні розвитку раннього запалення в пацієнтів із переломами нижньої щелепи в умовах хірургічного лікування шляхом МОС. Основну увагу було зосереджено на динамічному вивченні концентрацій білків-промаркерів запалення в ротовій рідині дітей з метою ранньої діагностики запальних ускладнень та прогнозування перебігу репаративних процесів.

У ході дослідження особливу роль було надано таким біомолекулярним маркерам, як матриксна металопротеїназа-8 (ММП-8), білки Klotho та лактоферин. Аналіз їх концентрацій у різні фази післяопераційного періоду дозволив отримати нові уявлення про їх участь у модуляції запальної відповіді та стимуляції процесів регенерації кісткової тканини.

Ці білки відіграють ключову роль у регуляції взаємодії між запаленням і відновленням тканин. Зокрема, лактоферин демонструє антимікробні та імунорегуляторні властивості, сприяючи зниженню вираженості запальної реакції; білки Klotho беруть участь у регуляції оксидативного стресу та

клітинного старіння, що позитивно впливає на регенераторний потенціал тканин; матрисна металопротеїназа-8 є маркером деструктивних процесів і вказує на активність запального каскаду та перебудову позаклітинного матриксу.

Отримані результати свідчать, що ці білки-промаркери можуть виступати як об'єктивні індикатори стану кісткової регенерації та запального процесу при хірургічному лікуванні переломів нижньої щелепи з використанням мініпластин. Їх застосування у клінічному моніторингу дозволяє своєчасно виявляти відхилення від норми, прогнозувати ризик ускладнень та індивідуалізувати післяопераційний супровід.

На четвертому етапі дослідження було проведено клінічну оцінку ефективності застосування оптимізованої методики МОС при лікуванні переломів нижньої щелепи у дітей. Методика базувалась на індивідуалізованому підході до вибору «безпечних» зон для фіксації мініпластин і оптимальної глибини занурення гвинтів з урахуванням віку пацієнта та анатомічної локалізації перелому.

Результати дослідження підтвердили високу ефективність запропонованої методики: у пацієнтів різного віку вдалося досягти стабільної фіксації уламків із мінімальним ризиком травмування критичних анатомічних структур, таких як нижньоальвеолярний нерв, крайова гілка лицевого нерва, корені зубів та зони росту. Застосування цієї методики дозволило покращити трофіку ушкодженої ділянки, забезпечити ранню функціональну мобілізацію м'язового апарату та скронево-нижньощелепного суглоба, а також знизити частоту післяопераційних ускладнень і прискорити процеси репаративної регенерації кісткової тканини.

Удосконалення методики стало можливим завдяки комплексному аналізу результатів біомеханічного моделювання (включаючи скінченно-елементний аналіз напружено-деформованого стану фіксуючих елементів та кістки), емпіричному пороговому аналізу глибини занурення гвинтів, а також оцінці впливу віку на анатомічні параметри нижньої щелепи за допомогою

регресійних моделей. Ці результати було інтегровано в алгоритм визначення оптимальних точок фіксації мініпластин, що було реалізовано у вигляді комп'ютерної програми для клінічного застосування.

Розроблено нові підходи до вибору безпечних зон для МОС, які враховують вікові та анатомічні особливості пацієнтів. Запропонована система орієнтування дозволяє забезпечити надійну стабілізацію уламків навіть при складних переломах, мінімізацію ризику ушкодження росткових зон і зачатків постійних зубів, уникнення деформацій у процесі росту щелепи, скорочення термінів іммобілізації та реабілітації, швидшого відновлення функцій жування та мовлення.

Таким чином, запропонована методика МОС демонструє високу клінічну ефективність і безпеку, будучи надійним і сучасним інструментом у комплексному хірургічному лікуванні переломів нижньої щелепи у дітей. Її впровадження дозволяє значно підвищити якість лікування, зменшити частоту ускладнень і покращити довготривалі функціональні та естетичні результати.

На заключному етапі роботи було проведено узагальнення отриманих даних, сформульовані висновки і практичні рекомендації, а отримані результати було впроваджено в практичну діяльність закладів охорони здоров'я.

Ключові слова: порожнина рота, перелом нижньої щелепи, напружено-деформований стан, профілактика посттравматичних ускладнень, маркери запалення, діти, металоостеосинтез.

ABSTRACT

Zub H.E. Optimization of treatment and prevention of complications in mandibular fractures in children. — Qualifying scientific work as a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy (Candidate of Medical Sciences) in the specialty 221 – Dentistry (22 – Health Care). – Dnipro State Medical University. – Dnipro, 2025.

The dissertation presents a solution to a pressing scientific problem, which is to increase the effectiveness of surgical treatment of mandibular fractures in children and prevent complications by optimizing the osteosynthesis technique, determining safe zones and fixation points of miniplates taking into account age-related anatomical features, and developing a computer program for planning surgical intervention.

Traumatic injuries of the maxillofacial region in children remain one of the most pressing problems of modern pediatric traumatology and maxillofacial surgery. According to the literature, up to 90% of all facial fractures in children occur in the jaws [1-5]. Mandibular fractures are the second most common type of maxillofacial fracture, and are also the second most common type of fracture in children after inflammatory diseases [6-9]. The diagnosis and treatment of mandibular fractures in children are particularly difficult due to anatomical and physiological features, namely, active processes of bone growth and remodeling, the presence of permanent teeth rudiments, the variability of the stages of eruption and mineralization, and the risk of disruption of the maxillofacial system formation in case of improper treatment. The choice of treatment tactics depends on the child's age, the stage of development of the dentofacial system, the location and nature of the fracture.

Standard approaches to osteosynthesis, developed mainly for adult patients, are not always safe and effective in children and can lead to impaired jaw growth, deformations, damage to teeth rudiments, and neurological complications [10-13].

Therefore, there is a need to improve osteosynthesis techniques taking into account the age-related anatomical and physiological features of the child's organism.

The issue of developing "safe" zones for fixing miniplates and optimizing algorithms for planning surgical intervention using modern computer technologies is of particular relevance.

Given the relevance of the problem, high clinical significance and insufficient number of practically oriented studies that take into account the age-related anatomical variability of the lower jaw in children, the development of new approaches to osteosynthesis based on modern visualization technologies, biomechanical analysis and individualized surgical planning is relevant.

Therefore, it is these aspects that determined the direction of scientific research and became the basis for conducting this study, as well as the formation of goals and objectives for its implementation.

In accordance with the tasks set, we created and implemented a research program consisting of 4 main stages.

At the first stage of the retrospective study, we analyzed 253 computed tomograms of the mandible without a fracture in patients aged 1-17 years in order to determine safe zones for fixation of miniplates and screw drilling points that hold them in the surgical treatment of mandibular fractures of various localization: 50 computed tomograms of children aged 1-5 years, of which 21 were girls (42%) and 29 were boys (58%), 101 tomograms of children aged 6-12 years, of which 44 were girls (43,6%) and 57 were boys (56,4%) and 102 computed tomograms of children aged 9-17 years, of which 39 were girls (38,2%) and 63 were boys (61,8%), as well as 27 computed tomograms of patients aged 10 - 17 years with mandibular fractures, of which 9 were girls (34,6%) and 17 boys (65,4%) and data from medical histories of children with mandibular fractures who were treated by osteosynthesis in the maxillofacial departments of city hospitals in Dnipro for the period from 2012 to 2022. When analyzing tomographic images of children aged 6 to 12 years, it was found that in 85% of cases the mandibular fracture passed through the roots of the first permanent premolars or molars, as well as through the

rudiments of the second permanent premolars or molars. In addition, in all studied cases, the location of the mandibular canal was as close as possible to the fracture line.

The obtained data indicate that, taking into account the anatomical features of the structure of the lower jaw in children of the specified age group and the presence of permanent teeth rudiments, traditional drilling along the lower edge of the jaw in the area from the distal edge of the permanent canine to the distal edge of the second permanent molar is potentially risky.

At the second stage, we studied the stress-strain state of the fixing plates, the screws that hold them, and the lower jaw itself in the area of its fracture on a three-dimensional finite element model with different options for the localization of its fractures, and justified the choice of optimal fixation of bone fragments on a mathematical model, and also developed an algorithm for the location of miniplate fixation using a computer program.

As a result of this stage of the study, we found that one of the main factors influencing the localization of fractures within the dentition is the presence of tooth sockets and the rudiments of permanent teeth, their topography, which significantly reduce the area of bone tissue in the cross-sections of the jaw and through which, most often, fracture lines pass. For reliable fixation of fragments of the lower jaw with the possibility of perceiving functional loads that arise during chewing food, we can recommend fixation of the fracture with two miniplates. In addition, the maximum values of equivalent stresses in the cortical layer of the mandible when fixing a fracture with a single miniplate with 5 mm long screws are by 21-39% lower than the similar values of equivalent stresses that arise when fixing a fracture with a single miniplate with 3 mm long screws. It has been proven that the use of screws with a diameter of 2 mm and a length of less than 3 mm is impractical, as it leads to an increase in the values of equivalent stresses in the cortical layer of the mandible by more than 40% compared to the use of 5 mm long screws. At the same time, the installation of screws with a length of less than 2 mm when fixing miniplates even with a thickness of 0,6-0,8 mm is absolutely

impractical, since the depth of immersion of the screws in the cortical layer of the bone is 1,2-1,4 mm, which is insufficient for reliable fixation of fractures, and the use of screws with a length of more than 5 mm, from a biomechanical point of view, is hardly justified, since it leads to a very slight decrease in the values of equivalent stresses in the cortical layer of the jaw bone.

The obtained data from the biomechanical study of the lower jaw allowed us to determine the maximum permissible depth of immersion of screws in the bone tissue in the treatment of fractures of the lower jaw in children at different age periods, taking into account the state of the child's bite.

At this stage of the study, an analysis of linear regression models was also performed to assess the influence of patient age on the anatomical parameters of the lower jaw, in particular, on the change in distances to key structures that are important when planning osteosynthesis. The results obtained became the basis for improving the algorithm for selecting the optimal location of miniplate fixation, which takes into account not only the localization of the fracture, but also the age-related features of the anatomical structure of the lower jaw in children. In the course of the study, the optimal “safe” fixation zones for surgical treatment of lower jaw fractures in children were determined and substantiated, depending on the anatomical localization of the injury and the age characteristics of the patients.

For a detailed analysis of the potential risks of complications when using miniscrews with an immersion depth of 2,0 mm, 2,5 mm, 3,0 mm, 3,5 mm and 4,0 mm, an empirical threshold approach was applied using the 95% confidence interval calculated by the Klopfer–Pearson method. This approach allowed us to quantitatively assess the limits of safe use of screws and to justify the choice of osteosynthesis parameters for children of different ages with minimizing the likelihood of damage to anatomically important structures.

The generalization of the obtained results allowed us to develop a specialized computer program “Determination of the place for fixation of miniplates in children with fractures of the lower jaw”, which allows us to implement individualized planning of surgical intervention taking into account the

localization of the injury and the age of the patient. The program provides interactive visualization of the osteosynthesis plan, which helps to improve the accuracy of surgical manipulations, reduce the risk of damage to anatomically important structures and minimize postoperative complications, and increases the efficiency of the maxillofacial surgeon.

The third stage of the study was devoted to assessing the prognostic value of promarker proteins in predicting the development of early inflammation in patients with mandibular fractures undergoing surgical treatment by osteosynthesis. The main attention was focused on the dynamic study of the concentrations of promarker proteins of inflammation in the oral fluid of children with the aim of early diagnosis of inflammatory complications and prediction of the course of reparative processes.

In the course of the study, a special role was given to such biomolecular markers as matrix metalloproteinase-8 (MMP-8), Klotho proteins and lactoferrin. Analysis of their concentrations in different phases of the postoperative period allowed us to obtain new insights into their participation in the modulation of the inflammatory response and stimulation of bone tissue regeneration processes.

These proteins play a key role in regulating the interaction between inflammation and tissue repair. In particular, lactoferrin demonstrates antimicrobial and immunoregulatory properties, contributing to a decrease in the severity of the inflammatory reaction; Klotho proteins participate in the regulation of oxidative stress and cellular aging, which has a positive effect on the regenerative potential of tissues; matrix metalloproteinase-8 is a marker of destructive processes and indicates the activity of the inflammatory cascade and the restructuring of the extracellular matrix.

The results obtained indicate that these promarker proteins can act as objective indicators of the state of bone regeneration and the inflammatory process in the surgical treatment of mandibular fractures using miniplates. Their use in clinical monitoring allows for timely detection of abnormalities, prediction of the risk of complications and individualization of postoperative support.

At the fourth stage of the study, a clinical assessment of the effectiveness of the optimized osteosynthesis technique in the treatment of mandibular fractures in children was conducted. The technique was based on an individualized approach to the selection of “safe” zones for miniplate fixation and the optimal depth of screw immersion, taking into account the patient’s occupation and the anatomical localization of the fracture.

The results of the study confirmed the high effectiveness of the proposed technique: in patients of different ages, it was possible to achieve stable fixation of the fragments with minimal risk of injury to critical anatomical structures, such as the inferior alveolar nerve, the marginal branch of the facial nerve, dental roots and growth zones. The use of this technique enabled to improve the trophism of the damaged area, to ensure early functional mobilization of the muscular apparatus and the temporomandibular joint, as well as to reduce the frequency of postoperative complications and accelerate the process of reparative regeneration of bone tissue.

The improvement of the technique became possible thanks to a comprehensive analysis of the results of biomechanical modeling (including finite element analysis of the stress-strain state of the fixing elements and bone), empirical threshold analysis of the depth of screw immersion, as well as assessments of the influence of age on the anatomical parameters of the lower jaw using regression models. These results were integrated into the algorithm for determining the optimal fixation points of miniplates, which was implemented in the form of a computer program for clinical use.

New approaches to the selection of safe zones for osteosynthesis have been developed, which take into account the age and anatomical features of patients. The proposed orientation system allows for reliable stabilization of fragments even in complex fractures, minimizing the risk of damage to the growth zones and rudiments of permanent teeth, avoiding deformations during jaw growth, reducing immobilization and rehabilitation periods, and faster restoration of chewing and speech functions.

Thus, the proposed osteosynthesis technique demonstrates high clinical effectiveness and safety, being a reliable and modern tool in the complex surgical treatment of mandibular fractures in children. Its implementation allows for significantly improving the quality of treatment, reducing the frequency of complications, and improving long-term functional and aesthetic results.

At the final stage of the work, the obtained data were summarized, conclusions and practical recommendations were formulated, and the results were implemented in the practical activities of healthcare institutions.

Key words: oral cavity, mandibular fracture, stress-strain, prevention of post-traumatic complications, markers of inflammation, children, osteosynthesis.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати

дисертації:

1. І.В. Ковач, І.О. Македонський, А.Л. Зелінський, Г.Е. Зуб Особливості фіксації мініпластин при переломах кута нижньої щелепи у дітей. – Вісник стоматології, № 4 (113). – 2020. – С. 78-83.

DOI: <https://doi.org/10.35220/2078-8916-2020-38-4-78-83>

2. І.В. Ковач, Г.Е. Зуб, О.М. Кучеренко, М.І. Влад Нові підходи до лікування перелому кута нижньої щелепи у дітей 9 – 18 років. – Вісник стоматології, № 1 (118). – 2022. – С. 83-88.

DOI: <https://doi.org/10.35220/2078-8916-2022-43-1.15>

3. І.В. Ковач, Г.Е. Зуб, Л.В. Крячкова, О.М. Кучеренко, Ю.В. Хотімська, Я.В. Лавренюк, М.І. Влад Оптимізація хірургічного лікування перелому нижньої щелепи у дітей в змінному прикусі. – Медичні перспективи, Т. 27, № 2. – 2022. – С. 146-152.

DOI: <https://doi.org/10.26641/2307-0404.2022.2.260291>

4. І.В. Ковач, Г.Е. Зуб, Ю.В. Хотімська Особливості фіксації мініпластин при переломах кута нижньої щелепи у дітей 6-8 років. – Вісник стоматології, № 4 (125). – 2023. – С. 98-102.

DOI: <https://doi.org/10.35220/2078-8916-2023-50-4>

5. І.В. Ковач, Г.Е. Зуб, Т.Ю. Погорелюк Аналіз сучасних методів лікування переломів кута нижньої щелепи у дітей. – Інновації в стоматології, № 4. – 2023. – С. 59-63.

DOI: <https://doi.org/10.35220/2523-420X/2023.4.11>

6. І.В. Ковач, Г.Е. Зуб Роль білків-промаркерів ротової рідини в діагностиці запалення в динаміці хірургічного лікування перелому нижньої щелепи у дітей. – Вісник стоматології, № 3 (128). – 2024. – С. 106-110.

DOI: <https://doi.org/10.35220/2078-8916-2024-53-3>

7. І.В. Ковач, Г.Е. Зуб – Лактоферин як маркер антимікробного захисту

ротової порожнини на тлі хірургічного лікування перелому нижньої щелепи у дітей. – Вісник стоматології, № 4 (129). – 2024. – С. 90-93.

DOI: <https://doi.org/10.35220/2078-8916-2024-54-4>

8. І.В. Ковач, Г.Е. Зуб, О.Г. Фенко Біомеханічне обґрунтування вибору оптимальної фіксації кісткових уламків нижньої щелепи при розміщенні зуба в лінії перелому. – Інновації в стоматології, № 4. – 2024. – С. 57-66.

DOI: <https://doi.org/10.35220/2523-420X/2024.4.12>

9. І.В. Ковач, Г.Е. Зуб, К.П. Локес Використання регресійних лінійних моделей для визначення впливу віку на вимірювані анатомічні відстані при лікуванні переломів нижньої щелепи у дітей. – Світ медицини та біології, № 4 (90). – 2024. – С. 68-73.

DOI: <https://doi.org/10.26724/2079-8334-2024-4-90-68-73>

10. Зуб ГЕ, Ковач ІВ, Гудар'ян ОО, Лавренюк ЯВ, Бунтян ХА. Комп'ютерна програма «Визначення місця для фіксації мініпластин у дітей при переломах нижньої щелепи» [авторське свідоцтво №134731]. Державна організація «Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій» (УКРНОІВІ); 2025 березень 28.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

1. Ковач І.В., Зелінський А.Л., Зуб Г.Е. Оптимізація фіксації фрагментів нижньої щелепи при переломах кута нижньої щелепи у дітей 8-12 років. Науково-практична конференція з міжнародною участю «Інноваційні технології в сучасній стоматології». Івано-Франківськ, Україна, 26 березня 2021. URL: <https://medvin.kiev.ua/uk/pages/programa-konferenciyi-ivano-frankivsk-2021/>

2. Kovach I., Zub H., Vlad M., Khotimskiy B. Study of advanced methods of treatment of fractures of the angle of the lower jaw in children. Proceedings of the XIV International Scientific and Practical Conference. Rome, Italy. 2024.

Pp. 118-123 URL: <https://isg-konf.com/actual-problems-of-personality-psychology-in-the-modern-world/>

ISBN – 979-8-89292-738-3 DOI – 10.46299/ISG.2024.1.14

3. Kovach I., Zub H., Khotimska Yu., Kucherenko O. New trends in the treatment of mandibular angle fractures in children aged 9-18 years. Proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference. Amsterdam, Netherlands. 2024. Pp. 132-138 URL: <https://isg-konf.com/modern-thoughts-on-the-development-of-science-ideas-technologies-and-theories/>

ISBN – 979-8-89292-744-4 DOI – 10.46299/ISG.2024.1.12

4. Kovach I., Zub H., Khotimska Yu., Vlad M. Determination of optimal fixation points for mini-plates in mandibular angle fractures in children. Proceedings of the XIII International Scientific and Practical Conference. Athens, Greece. 2024. Pp. 129-133 URL: <https://isg-konf.com/information-and-innovative-technologies-in-the-development-of-society/>

ISBN – 979-8-89292-737-6 DOI – 10.46299/ISG.2024.1.13

5. Kovach I., Zub H., Khotimskiy B. The role of matrix metalloproteinase-8 and klotho-protein expression in the diagnosis and prognosis of inflammation in children with mandibular angle fracture in the dynamics of surgical treatment. Proceedings of the I International Scientific and Practical Conference. Sofia, Bulgaria. 2025. Pp. 247-251 URL: <https://isg-konf.com/technologies-for-improving-old-methods-theories-and-hypotheses/>

6. Kovach I., Zub H., Khotimska Yu. Lactoferrin as a marker of antimicrobial protection of the oral cavity in the context of surgical treatment of mandibular fracture in children. Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference. Boston, USA. 2025. Pp. 164-168 URL: <https://isg-konf.com/innovative-technologies-for-training-and-educating-young-people/>

7. Зуб Г.Е., Ковач І.В., Погорелюк Т.Ю. Нові підходи до вибору місця фіксації мініпластин при переломах нижньої щелепи у дітей різних вікових груп. Науково-практична конференція з міжнародною участю «Дитяча щелепно-лицева хірургія: здобутки, проблеми, перспективи», Київ, Україна, 13 грудня 2024р.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

КНП "МБКЛІМД РУДНЄВА" ДМР – Комунальне некомерційне підприємство
«Міська багатопрофільна клінічна лікарня матері та дитини ім. проф. М.Ф.

Руднева» Дніпровської міської ради

КПКТ – конусно-променева комп'ютерна томографія

КТ- комп'ютерна томографія

МОС – металоостеосинтез

НЩ – нижня щелепа

ПЗ – програмний засіб

СНЩС – скронево-нижньощелепний суглоб

ТРГ - телерентгенографія

ЗМІСТ

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| АНОТАЦІЯ | 2 |
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ | 19 |
| ВСТУП | 22 |
| РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ ФАКТОРІВ ВИНИКНЕННЯ ПЕРЕЛОМІВ НИЖНЬОЇ ЩЕЛЕПИ ТА МЕТОДІВ ЇХ ЛІКУВАННЯ І ПРОФІЛАКТИКИ УСКЛАДНЕНЬ У ДІТЕЙ (огляд літератури) | 31 |
| 1.1. Анатомо-функціональні особливості нижньої щелепи у віковому аспекті в дітей..... | 31 |
| 1.2. Сучасні уявлення про етіологію переломів нижньої щелепи в дитячому віці..... | 34 |
| 1.3. Особливості клінічного перебігу переломів нижньої щелепи та сучасні методи їх діагностики у дітей | 36 |
| 1.4. Сучасні підходи до лікування переломів нижньої щелепи та профілактики їх ускладнень в дитячому віці | 39 |
| РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ | 48 |
| 2.1. Обґрунтування, структура та дизайн вибраного напрямку дослідження | 48 |
| 2.2. Матеріали і методи ретроспективного рентгенологічного дослідження нижньої щелепи у пацієнтів 1-17 років | 52 |
| 2.3. Клінічні методи дослідження | 53 |
| 2.4. Рентгенологічні методи дослідження | 53 |
| 2.5. Методи дослідження напружено-деформованого стану, біомеханічного аналізу фіксуєчих елементів та комп'ютерне моделювання..... | 54 |
| 2.6. Лабораторні методи дослідження (біохімічні)..... | 56 |
| 2.7. Методи лікування перелому нижньої щелепи | 57 |
| 2.8. Статистична обробка даних..... | 59 |
| РОЗДІЛ 3. БІОМЕХАНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОЇ ФІКСАЦІЇ КІСТКОВИХ УЛАМКІВ ПРИ ПЕРЕЛОМІ НИЖНЬОЇ ЩЕЛЕПИ | 61 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| РОЗДІЛ 4. АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМОЇ ГЛИБИНИ ЗАНУРЕННЯ ГВИНТІВ У КІСТКОВУ ТКАНИНУ ПРИ ПЕРЕЛОМАХ НИЖНЬОЇ ЩЕЛЕПИ У ДІТЕЙ ТА ОБГРУНТУВАННЯ АЛГОРИТМУ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ ФІКСАЦІЇ МІНІПЛАСТИН ЗА ДОПОМОГОЮ РОЗРОБЛЕНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ..... | 93 |
| 4.1. Визначення “безпечних” зон для занурення гвинтів у кісткову тканину при фіксації мініпластин у дітей з переломом нижньої щелепи в різних вікових групах..... | 93 |
| 4.2. Рівняння лінійної регресії (регресійні лінійні моделі) впливу віку пацієнтів на вимірювані анатомічні відстані..... | 123 |
| 4.3. Розробка програмного засобу «Визначення місця для фіксації мініпластин у дітей при переломах нижньої щелепи»..... | 127 |
| РОЗДІЛ 5. КЛІНІКО-БІОХІМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВДОСКОНАЛЕНОЇ МЕТОДИКИ ЛІКУВАННЯ ДІТЕЙ З ПЕРЕЛОМАМИ НИЖНЬОЇ ЩЕЛЕПИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЗАПРОПОНОВАНИХ МЕТОДІВ ФІКСАЦІЇ..... | 139 |
| ВИСНОВКИ..... | 204 |
| ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ..... | 206 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... | 207 |
| ДОДАТКИ | 233 |

ВСТУП

Актуальність теми. Травматичні ушкодження щелепно-лицевої ділянки у дітей залишаються однією з найактуальніших проблем сучасної дитячої травматології та щелепно-лицевої хірургії. За даними літератури, до 90 % усіх переломів лицевого скелета у дітей припадає на щелепові кістки. Спостерігається стійка тенденція до зростання частоти цих ушкоджень у зв'язку з активізацією фізичного розвитку дітей, участю в спортивних заходах, дорожньо-транспортними подіями та побутовими травмами [14-18].

Переломи нижньої щелепи займають друге місце за частотою виникнення серед усіх переломів щелепно-лицевої ділянки та на тлі запальних захворювань і складають до 25% усіх пацієнтів, які потребують стаціонарного лікування [2, 3,19-23].

У повсякденній клінічній практиці у пацієнтів, які звернулися за допомогою до щелепно-лицьового відділення з гострою травмою нижньої щелепи, виникають певні труднощі з діагностикою та лікуванням [24-28].

Особливу складність у діагностиці й лікуванні переломів нижньої щелепи у дітей створюють анатомо-фізіологічні особливості, а саме, активні процеси росту та природного ремоделювання кісткової тканини, наявність зачатків постійних зубів, варіативність стадій прорізування та мінералізації, а також ризик порушення формування щелепно-лицевої системи при виборі неправильного алгоритму лікування. Небезпека таких ушкоджень полягає не лише у порушенні функції, а й у потенційному ризику травматизації зачатків постійних зубів, їх коренів або нижньощелепного каналу. Це, у свою чергу, може призвести до патологій формування прикусу та деформацій щелепно-лицевої ділянки в період активного росту. Водночас високий рівень васкуляризації дитячої кістки, переважання губчастої речовини над компактною та наявність високих регенераторних властивостей створюють потенційно сприятливі умови для ефективного лікування за умови правильно обраної хірургічної тактики [190-194].

Вибір тактики лікування залежить від віку дитини, стадії розвитку зубощелепної системи, локалізації та топографії перелому [5, 8, 29-33].

Незважаючи на поширення ортопедичних методів (ковпачкових шин, кап, шин Еріха), у клінічній практиці одним із методів лікування переломів нижньої щелепи у дітей є металоостеосинтез. Проте класичне застосування титанових мініпластин із фіксацією по нижньому краю щелепи, зокрема за допомогою монокортикальних гвинтів через позаротовий доступ, супроводжується підвищеним ризиком пошкодження анатомічно важливих структур, порушенням мікроциркуляції, післяопераційними запаленнями та обмеженням росту нижньої зони обличчя лицевого скелета. У значній частині випадків виникає потреба в повторних хірургічних втручаннях для видалення фіксаторів, що погіршує якість життя пацієнтів та ускладнює реабілітацію шляхом нанесення додаткової ятрогенної травми.

Проведені біомеханічні дослідження шляхом порівняльної оцінки різних способів фіксації уламків нижньої щелепи при переломах у ділянці підборіддя, що базувалися на результатах імітаційного комп'ютерного моделювання на тривимірній кінцево-елементній моделі з використанням різних технік фіксації, встановили, що фіксація перелому однією пластиною не забезпечувала необхідної жорсткості і надійності системи за будь-яких варіантів її розташування, а фіксація двома пластинами або фіксатором у формі прямокутної рамки була достатньою для адекватного сприйняття і перерозподілу навантажень, а при багатоуламкових переломах і переломах з дефектом кістки виникала необхідність встановлення пластини збільшеної жорсткості на ділянці нижнього краю щелепи і додаткових фіксаторів у зоні альвеолярного відростка [212]. Однак на сьогоднішній день не вистачає біомеханічних досліджень що до обґрунтування вибору оптимальних фіксаторів для точної анатомічної репозиції уламків при розміщенні зуба в лінії перелому.

Водночас сучасна щелепно-лицева хірургія активно досліджує нові підходи до малоінвазивної фіксації з використанням мініпластин, зокрема вздовж зовнішньої косої лінії нижньої щелепи.

Стандартні підходи до проведення МОС, розроблені переважно для дорослих пацієнтів, не завжди є безпечними та ефективними у дітей і можуть призводити до порушення росту щелепи, деформацій, пошкодження зачатків зубів і неврологічних ускладнень [34-38]. Тому виникає потреба в удосконаленні методик МОС з урахуванням вікових анатомо-фізіологічних особливостей дитячого організму.

Особливої актуальності набуває питання розробки «безпечних» зон для фіксації мініпластин і оптимізації алгоритмів планування оперативного втручання з використанням сучасних комп'ютерних технологій. Інтеграція біомеханічних розрахунків та методів візуалізації, зокрема, конусно-променевої комп'ютерної томографії, дозволяє підвищити точність хірургічних втручань, мінімізувати ризик ускладнень і сприяти ефективній репаративній регенерації кісткової тканини [39-48].

Зважаючи на актуальність проблеми, високу клінічну значущість та недостатню кількість практично орієнтованих досліджень, що враховують вікову анатомічну мінливість нижньої щелепи у дітей, актуальною є розробка нових підходів до МОС, заснованих на сучасних технологіях візуалізації, біомеханічному аналізі та індивідуалізованому хірургічному плануванні.

Таким чином, саме ці аспекти й визначили напрям наукового пошуку та стали підґрунтям для проведення даного дослідження, а також формування мети і завдань для його реалізації.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконана у відповідності до плану двох ініціативних НДР кафедри дитячої стоматології Дніпровського державного медичного університету на тему: «Оптимізація методів діагностики, лікування та профілактики захворювань твердих тканин зубів, пародонту та зубощелепних аномалій в дитячому віці», № державної реєстрації

0119U100638, строк виконання 2019-2022, «Лікування та профілактика ускладнених форм карієсу зубів, травм щелепно-лицевої ділянки і ортодонтичної патології в дитячому віці», № державної реєстрації 0123U101384, строк виконання 2023-2026.

Здобувач є співвиконавцем окремих фрагментів зазначених тем.

Мета і завдання дослідження. Мета дослідження – підвищення ефективності хірургічного лікування переломів нижньої щелепи у дітей та профілактики ускладнень шляхом оптимізації методики МОС з визначенням безпечних зон і точок фіксації мініпластин, урахуванням вікових анатомічних особливостей та розробки комп'ютерної програми для планування оперативного втручання.

Для досягнення поставленої мети були визначені наступні **завдання**:

1. Провести біомеханічне обґрунтування вибору оптимальної методики фіксації кісткових уламків при переломах нижньої щелепи у дітей.
2. Визначити максимально допустиму глибину занурення гвинтів у кісткову тканину нижньої щелепи для фіксації мініпластин шляхом проведення емпіричного дослідження порогового рівня подібності отриманих даних.
3. Розробити комп'ютерну програму для удосконалення алгоритму визначення оптимальних місць фіксації мініпластин залежно від локалізації перелому, віку дитини та анатомічних особливостей будови нижньої щелепи.
4. Дослідити динаміку вмісту білків-промаркерів у ротовій рідині та визначити їх роль під час хірургічного лікування переломів нижньої щелепи у дітей.
5. Впровадити в клінічну практику розроблену методику хірургічного лікування переломів нижньої щелепи та оцінити її ефективність у дітей різних вікових груп.

Об'єкт дослідження: нижня щелепа без порушення анатомо-біологічної цілісності, ротова рідина, нижня щелепа у дітей з переломом в доопераційному та післяопераційному періодах.

Предмет дослідження: клінічні, рентгенологічні, біомеханічні властивості кісткової тканини, біохімічні показники, а також результати конусно-променевої комп'ютерної томографії у дітей без порушення анатомо-біологічної цілісності та з переломами нижньої щелепи в динаміці хірургічного лікування.

Методи дослідження: клінічні – для визначення стану нижньої щелепи в динаміці хірургічного лікування; лабораторні (біохімічні) – для оцінки впливу запропонованого методу лікування на ротову рідину; біомеханічні та фізико-математичні для обґрунтування вибору методу лікування та створення комп'ютерної програми; статистичні – для проведення емпіричного порогового аналізу даних та визначення достовірності ефективності запропонованого методу лікування переломів нижньої щелепи.

Дизайн дослідження був схвалений комісією з питань біоетичної експертизи та етики наукових досліджень при Дніпровському державному медичному університеті (Протокол №27 від 16.04.25). Дисертаційна робота не містить підвищеного ризику для суб'єктів дослідження, виконана з урахуванням чинних біоетичних норм та наукових стандартів щодо проведення клінічних досліджень, відповідно до Основ законодавства України про охорону здоров'я [40] та Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації, включно [41].

Наукова новизна отриманих даних.

За результатами проведеного дослідження доведено ефективність використання сучасних високоінформативних методів діагностики та комп'ютерної візуалізації при плануванні хірургічного лікування переломів нижньої щелепи у дітей.

Вперше комплексно обґрунтовано та вдосконалено метод хірургічного лікування переломів нижньої щелепи у дітей шляхом визначення оптимальних зон для безпечної фіксації мініпластин з урахуванням вікових анатомічних особливостей кісткової тканини, розташування зачатків постійних зубів та топографії нижньощелепного каналу. Встановлено 7

“безпечних” зон для фіксації мініпластин у дітей 1-5 років, 10 “безпечних” зон – у дітей 6-12 років та 11 – у дітей 13-17 років.

Доповнено наукові дані щодо біомеханічного обґрунтування вибору найбільш доцільних варіантів фіксації кісткових уламків при лікуванні переломів нижньої щелепи та визначено максимально допустиму глибину занурення гвинтів у кістку для іммобілізації мініпластинами, що мінімізує ризик ушкодження важливих анатомічних структур у дітей різних вікових груп.

Вперше розроблено комп’ютерну програму «Визначення місця для фіксації мініпластин у дітей при переломах нижньої щелепи», яка дозволяє індивідуалізовано планувати розташування мініпластин залежно від локалізації перелому, віку пацієнта та анатомічної будови нижньої щелепи, що забезпечує високу точність і безпечність хірургічного втручання (лист про підтвердження державної реєстрації авторського права на твір №134731 від 28.03.2025 р. Державна організація «Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій»; 2025. 2 с).

Доповнено наукові дані щодо показників білків-промаркерів у ротовій рідині дітей при лікуванні переломів нижньої щелепи та запропоновано інтегрований підхід до оцінки ефективності лікування з їх використанням, що дозволило відстежувати перебіг репаративних процесів у динаміці та прогнозувати вірогідність виникнення запалення.

Впроваджено та клінічно апробовано алгоритм проведення вдосконаленого методу хірургічного лікування перелому нижньої щелепи, адаптованого до вікових особливостей пацієнтів, який довів свою ефективність у зменшенні частоти ускладнень, покращенні стабільності фіксації та прискоренні регенерації кісткової тканини в дитячому віці.

Практичне значення отриманих результатів.

Результати проведеного дослідження мають важливе практичне значення для вдосконалення хірургічного лікування переломів нижньої щелепи різної локалізації у дітей.

На основі визначеної топографії безпечних зон фіксації мініпластин з урахуванням вікових анатомічних особливостей, положення нижньощелепного каналу та зачатків постійних зубів розроблено ефективну та клінічно апробовану методику МОС, яка забезпечує надійну іммобілізацію уламків та знижує ризик післяопераційних ускладнень.

Розроблена комп'ютерна програма для планування оперативного втручання дозволяє індивідуалізувати тактику хірургічного лікування залежно від віку пацієнта, локалізації перелому та анатомічної будови щелепи, що дозволяє уникнути більшості післяопераційних ускладнень, сприяє уникненню пошкодження важливих структур та скорочує час проведення втручання.

Застосування білків-промаркерів у ротовій рідині як динамічних біомаркерів репаративних процесів дозволяє здійснювати об'єктивний моніторинг перебігу післяопераційного періоду та прогнозувати вірогідність розвитку запальних ускладнень, що підвищує клінічну інформативність лікувального процесу.

Впровадження результатів дослідження.

Отримані результати впроваджено у клінічну практику дитячої щелепно-лицевої хірургії міст Дніпра, Полтави, Одеси, а також використано в освітньому процесі для підготовки фахівців у сфері стоматології в ДДМУ та ПДМУ.

Особистий внесок здобувача.

Дисертаційна робота є самостійним науковим дослідженням, виконаним на кафедрі дитячої стоматології (2019-2025 рр.) Дніпровського державного медичного університету (ректор – Академік НАМН України,

професор Т.О. Перцева) під керівництвом доктора медичних наук, професора Ковач І.В.

Клінічні дослідження виконані автором на базі міської багатопрофільної клінічної лікарні матері та дитини ім. проф. М.Ф. Руднева (Генеральний директор – доктор медичних наук, професор Македонський І.О.).

Біомеханічні дослідження напружено-деформованого стану фіксуємих пластин та гвинтів, що їх утримують проводились на кафедрі будівельних конструкцій Національного університету “Полтавська політехніка ім. Юрія Кондратюка” (доцент Фенко Олексій Георгійович).*

Автором спільно з науковим керівником сформульовано назву дисертаційного дослідження, його мету, предмет та завдання, визначено достатній об’єм вибірки. Самостійно виконано аналіз літературних джерел, інформаційно-патентний пошук за темою дисертації, а також проведено набір та обстеження пацієнтів, сформовано дослідні групи та здійснено хірургічне лікування дітей з переломом нижньої щелепи з наступним їх спостереженням.

Дисертантом особисто опрацьовані та систематизовані отримані результати, викладено зміст дисертаційного дослідження, здійснено статистичну обробку результатів та підготовлено ілюстративний матеріал. Спільно з науковим керівником сформульовані висновки та практичні рекомендації.

*Автор висловлює особливу вдячність Фенко Олексію Георгійовичу – доценту кафедри будівельних конструкцій Національного університету “Полтавська політехніка ім. Юрія Кондратюка” за всебічну підтримку та сприяння проведенню наукового дослідження.

Апробація матеріалів дисертації. Основні положення дисертаційного дослідження доповідалися та обговорювалися на 7 конференціях: Науково-практична конференція з міжнародною участю «Інноваційні технології в сучасній стоматології». – Івано-Франківськ, Україна, 26 березня 2021; Proceedings of the XIV International Scientific and Practical Conference. Rome, Italy. – 2024; Proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference. Amsterdam, Netherlands. – 2024; Proceedings of the XIII International Scientific and Practical Conference. Athens, Greece. – 2024; Науково-практична конференція з міжнародною участю «Дитяча щелепно-лицева хірургія: здобутки, проблеми, перспективи», Київ, 13 грудня 2024; Proceedings of the I International Scientific and Practical Conference. Sofia, Bulgaria. – 2025; Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference. Boston, USA. – 2025.

Публікації. За темою дисертації опубліковано 9 друкованих праць: 7 статей у наукових періодичних фахових виданнях України (категорія Б), 1 стаття у виданні, яке індексується в наукометричній базі Scopus та 1 стаття, яка індексується в наукометричній базі Web of Science (додаток). Отримано 1 Патент України на винахід (додаток).

Структура та обсяг дисертації. Матеріали дисертації викладені на 238 сторінках друкованого тексту, з яких 205 сторінок – основного тексту. Робота складається з анотації, вступу, огляду літератури, 4 розділів власних досліджень, висновків, практичних рекомендацій, списку використаних джерел та додатку. Дисертація ілюстрована 140 рисунками та 27 таблицями. Список використаних джерел містить 233 бібліографічні посилання, з них 20 кирилицею та 213 латиницею, які займають 26 сторінок дисертації.

РОЗДІЛ 1
СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ ФАКТОРІВ ВИНИКНЕННЯ
ПЕРЕЛОМІВ НИЖНЬОЇ ЩЕЛЕПИ ТА МЕТОДІВ ЇХ ЛІКУВАННЯ І
ПРОФІЛАКТИКИ УСКЛАДНЕНЬ У ДІТЕЙ
(огляд літератури)

1.1. Анатомо-функціональні особливості нижньої щелепи у віковому аспекті в дітей

Вивченню структурних особливостей та топографії лицьової частини голови відповідно до вікової динаміки присвячено численні наукові роботи у стоматології [8,49-56].

Анатомічна структура кісток даної ділянки значною мірою визначає її функціональні можливості. Зокрема, особливості щелепно-лицьової області голови визначають функціональну здатність травної та дихальної систем, фонетичного апарату, а також мають величезне естетичне значення.

При цьому розвиток кісткової тканини альвеолярного відростка цікавить фахівців з галузі практичної стоматології. Розуміння цього процесу багато в чому визначає результат лікування. Необхідно враховувати виражену залежність структури щелепно-лицьової ділянки від ряду фізіологічних та патологічних факторів, насамперед від вікової перебудови кісткової тканини щелеп, зокрема їх альвеолярних відростків. Численні джерела наукової літератури містять велику кількість інформації про перебіг даних процесів, проте протягом останніх десятиліть намітилася виражена тенденція до зміни їхньої тривалості та термінів [54-57].

Таким чином, процеси формування та розвитку щелепно-лицьової області, зокрема кісткової системи, завжди привертала увагу дослідників. Вітчизняні та зарубіжні автори продовжують вивчати особливості розвитку та вікової перебудови щелепно-лицьового апарату [58-60]. Зростання та ремоделювання кісток скелета в цілому, а черепа зокрема, відбуваються в

результаті синхронного перебігу двох взаємопов'язаних процесів — опозиції та резорбції кісткової тканини.

Таким чином, перебудова кісткових структур важлива, оскільки одночасно зі зміною її величини та зовнішньої форми, у товщі тіла кістки відбуваються процеси формування та перебудови тим самим забезпечуючи своєчасну закладку, розвитку, прорізування. Оскільки з віком швидкість зростання в окремих ділянках має різну динаміку, пропорційні відносини ширини, висоти та довжини щелеп значно змінюються протягом життя. Отже, у кожному віковому періоді, незалежно від загального поступового уповільнення швидкості зростання кісток, щелепи мають ділянки посиленого та відносно уповільненого зростання.

У ділянках посиленого зростання відбувається кількісне збільшення кісткових структур, а ділянках уповільненого — їх якісна перебудова. У зв'язку з цим під зонами зростання треба розуміти не постійні, чітко обмежені ділянки, а місця, де в цей період процеси опозиції переважають процеси резорбції.

Механізм зростання особливо значущий, коли заходить мова про з'ясування етіологічних факторів виникнення травм та пошуках методів лікування в періоди активного зростання кісток. Таким чином, для профілактики та лікування травм щелеп треба приділяти увагу анатомо-фізіологічним особливостям у віковому аспекті. У розвитку нижньої щелепи є ряд важливих періодів, які грають значну роль для прогнозу лікування. Однією з особливостей розвитку нижньої щелепи є її зростання завширшки у фронтальній ділянці в області міжщелепного симфізу протягом першого року постнатального розвитку (0-12 міс.). Далі відбувається окостеніння симфізу, зростання в даній ділянці припиняється і відбувається ремоделювання кістки за V типом [61-68]. Наступним важливим етапом є зростання альвеолярного відростка нижньої щелепи у висоту за рахунок прорізування тимчасових зубів у віці 4-12 місяців. У першому періоді цього етапу відбувається зростання в передньому відділі, у наступному періоді триває зростання у

дистальному напрямі [56-62]. У період від трьох до шести років відбувається активація зростання нижньої щелепи у сагітальному напрямі [69-72]. Таким чином, подальше зростання альвеолярного відростка нижньої щелепи у висоту відбувається за рахунок прорізування постійних зубів у віці 6-8 років [72-78]. До початку підліткового віку зростання альвеолярного відростка нижньої щелепи завширшки забезпечується за рахунок окістя і прорізування зубів завершується. Виходячи з цього відбувається збільшення міжклової відстані в період до 10-12-ти років, а згодом має тенденцію до її зменшення [54,62,79]. Пік зростання нижньої щелепи починається в пубертатний період (у дівчат 9,5–12,5 років, у хлопчиків – 11,5–14 років). Дорсальний ріст в області гілки нижньої щелепи виникає внаслідок апозиції на задній поверхні та резорбції на передній.

Таким чином, відбувається висування підборіддя за рахунок резорбції кістки між ним та альвеолярним відростком. Надалі, гілка нижньої щелепи зростає на 1-2 мм/рік, а тіло щелепи на 2-3 мм/рік та вже до 14-16 років завершується переміщення нижньої щелепи назад за рахунок кліновидно-потиличного синхондрозу у зв'язку з його окостенінням. Остаточне завершення зростання гілки нижньої щелепи у висоту настає у 18-18,5 років [38, 79-81].

Відомості, викладені вище, вказують на необхідність подальшого пошуку та застосування нових методів лікування переломів щелепи, особливо у дитячій практиці.

Таким чином, забезпечивши подальший фізіологічний розвиток нижньої щелепи, тим самим надати можливість до фізіологічного формування щелепно-лицьового апарату, а в подальшому формування фізіологічного прикусу. Запобігти ускладненням як з боку зубощелепного апарату, так і з боку організму дитини в цілому.

1.2. Сучасні уявлення про етіологію переломів нижньої щелепи в дитячому віці

Переломи щелепно-лицьової ділянки у дітей - травми, які можуть вимагати негайної медичної допомоги та великого втручання. На частку дітей припадає до 15% всіх переломів обличчя, і вони схильні до ряду супутніх травм, таких як струс мозку, перелом шийного відділу хребта і перелом основи черепа [2, 3, 81-84]. Їхня частота зростає, коли діти починають ходити до школи, а також досягає піку в період статевого дозрівання та підліткового віку. Механізм травми, зазвичай пов'язаної з переломом обличчя у дітей, варіюється в літературі [85-89, 100-105], хоча у звітах згадуються автомобільні аварії, падіння як найпоширеніші попередні стани. Найбільш поширені переломи у дітей, які потребують госпіталізації та хірургічного втручання, як правило, зачіпають нижню щелепу. Отже, етіологія переломів нижньої щелепи в дітей віком відрізняється від дорослих. На відміну від дітей дошкільного віку, у школярів спортивні травми зазвичай загострюються через менше спостереження батьків, що призводить до збільшення ризику серйозних травм [44-46, 90,91].

Можна відзначити те, що обличчя дитини має ряд захисних анатомічних особливостей, тим самим знижує частоту переломів обличчя [46, 92-105]. У дітей дошкільного віку обличчя займає більш вигнуте положення щодо «захисного» черепа. Таким чином, спостерігається нижча частота переломів середньої частини обличчя, нижньої щелепи та більша частота черепно-мозкових травм. Однак, з активним зростанням в період змінного прикусу та розвитком середньої частини обличчя у напрямку вниз і вперед, нижня щелепа стає значніше у розмірі, що зумовлює збільшення частоти переломів обличчя, тоді як черепно-мозкові травми зменшуються.

Немале значення низької поширеності переломів кісток обличчя у дітей можна відзначити той факт, що вони частіше мають мінімальне зміщення, а також не малу роль відіграє висока еластичність кісток. Ця особливість забезпечується товстим шаром жирової тканини що покриває обличчя, іа

також переважанням губчастої речовини в кістки. Крім того, змішаний ряд зубів та відсутність пневматизації синусів сприяють еластичності та стабільності нижньої щелепи [95-100]. Слід зазначити те що, що переломи щелепно-лицьової ділянки в дітей зустрічаються у періоди 6-7 років – час початку відвідування школи.

Таким чином, у віці з 12-14 років значно збільшується фізична активність, участі у спортивних змаганнях та тренуваннях, а у 16-18 травми можуть виникати внаслідок хуліганства [87,100-105,]. Виходячи з відомостей, викладених вище, відсоток переломів нижньої щелепи в залежності від віку розподіляється наступним чином: до 10 років - 13,6%, 11-20 років - 25,8%, 21-30 років - 28,8%, 31-40 років - 21,2%, 4-4.

Звертає на себе увагу той факт, частота переломів відділів нижньої щелепи варіюється в різних джерелах, в середньому: переломи в області симфізу - 15-30%, тіла нижньої щелепи - 15-30%, кута нижньої щелепи - 12-25%, суглобові переломи - 14-16%, - 4-8%, короноїдний відросток - 1-4% [105-110]. Немале значення має патологічна картина тканин у місці перелому. Відповідно стан м'яких та твердих тканин зумовлює результат лікування.

Таким чином, запальні процеси м'яких або твердих тканин у зоні перелому, у свою чергу, впливають на реологічні, імунологічні та біохімічні властивості крові, а також впливають на стан місцевого капілярного кровообігу, що у свою чергу призводить до порушення консолідації кісткових уламків і репаративної регенерації кісткової тканини у зоні перелому нижньої щелепи [4,111-116].

Виходячи з відомостей, викладених вище, вказує на необхідність подальшого пошуку особливостей переломів нижньої щелепи у віковому аспекті. Тим самим дає нам можливість удосконалити та спрогнозувати результат лікування.

1.3. Особливості клінічного перебігу переломів нижньої щелепи та сучасні методи їх діагностики у дітей

Вплив перелому нижньої щелепи та його лікування має велике значення на подальшого зростання та розвитку щелепно-лицьового апарату у дітей на різних етапах його формування. Крім того, анатомічний та психологічний аспект однаково важливий і може вплинути на прогнозування результатів лікування. Не мало важливим фактом є те, що клінічна картина переломів нижньої щелепи дуже варіабельна і залежить від ряду факторів, таких як ступінь мінералізації кістки, наявність зачатків постійних зубів і активного розвитку організму в цілому.

Отже, травматичні переломи у дітей мають особливості клінічного перебігу, діагностики та іммобілізації, що зумовлено як загальними, так і місцевими факторами, а саме: психоемоційний стан дитини, неповний морфофункціональний розвиток тканин, наявність зон росту щелепи. Однак ретельне клінічне обстеження може бути неможливим у зв'язку з вказаним вище. Оцінка пацієнта з травматичним пошкодженням особи повинна відповідати концепції розширеної підтримки життя після травми (Advanced Trauma Life Support), особливо звертаючи увагу на вплив травми обличчя на ймовірність пошкодження дихальних шляхів, травм хребта, шиї або інших травм голови, включаючи черепно-мозкові травми [107,108].

Виходячи з анатомічних стандартів, перелом нижньої щелепи можна поділити на шість частин [69,105 -110]. Розрізняють переломи симфізу, тіла нижньої щелепи, кута, гілки, виросткового і вінцевого відростків.

Згідно з літературними джерелами, домінуючими місцями переломів припадає на симфіз, тіло та кут нижньої щелепи. Без сумніву, зміна прикусу є найбільш поширеною скаргою серед пацієнтів з переломами нижньої щелепи. При обстеженні прикусу важливо враховувати, що у пацієнта до травми могли бути аномальні оклюзійні співвідношення зубів або скелета. Переломи нижньої щелепи супроводжуються змінами в оклюзії, але також

можуть бути пов'язані з травмами м'яких тканин СНЩС, переломами альвеоли, переломами зубів або переломами верхньої щелепи.

Відомо, що перелом, що проходить через ділянку нижньої щелепи, яка включає нижній альвеолярний нерв, супроводжується ключовими скаргами у вигляді нейросенсорних порушень.

Аномалії в діапазоні рухів нижньої щелепи або її відхилення також можуть бути ознаками перелому, як і неможливість повного замикання зубів. Ці обмеження можуть також бути результатом внутрішніх травм СНЩС або наявності гематоми. Під'язичний екхімоз найчастіше вказує на перелом дуги нижньої щелепи. Іншим характерним проявом перелому є кісткова сходи́нка, яку найкраще виявляти шляхом ретельної пальпації вздовж нижньої межі щелепи. Порушення цілісності кісткової тканини нижньої щелепи можна визначити при пальпації, використовуючи симптом косвенного навантаження (симптом відбитого болю): тиск пальцями на підборіддя викликає біль у місці перелому (тіло, кут, гілка). Також можна застосовувати симптом шпателя: при цьому використовується дерев'яний шпатель, який укладається між зубами після того, як пацієнт замкне зуби. Далі проводиться легкий удар пальцями по частині шпателя, що викликає біль у місці перелому нижньої щелепи.

При підозрі на перелом суглобового відростка необхідно провести внутрішнє обстеження, вводячи кінчики пальців у зовнішній слуховий прохід. Таким чином, лікар визначає амплітуду рухів головки в суглобовій ямці. У разі підозри на перелом підборіддя слід одночасно здійснювати натискання на кути щелепи, намагаючись наблизити їх один до одного. Також може бути виявлене порушення больової та тактильної чутливості шкіри нижньої губи та підборіддя (при пошкодженні нижньощелепного нерва). Форма переломів на панорамному рентгенологічному знімку зазвичай показує косий перелом з розривом і зміщенням. Однак в області суглобового відростка форма перелому відрізняється від загальної. Так, форма перелому кістки в цій ділянці здається перехрещеною. Це явище, схоже на тріщину,

зумовлене різницею в затемненні на панорамному рентгенологічному зображенні і специфічною формою перелому, наприклад, перелому в області суглобового відростка.

Таким чином, методи глибокого вивчення можуть допомогти зменшити кількість помилок. Правильне лікування переломів нижньої щелепи залежить від правильної діагностики травми. Найважливіше значення для діагностики перелому та, відповідно, вибору варіантів лікування має рентгенологічне дослідження. Важливо, щоб знімки були зроблені як мінімум в двох проєкціях, які повинні бути зняті під прямим кутом одна до одної. Дослідження та візуалізації для оцінки структур переломів можуть включати двовимірне (2D) звичайне зображення або 3D дослідження. Звичайне рентгенівське зображення (наприклад, панорамна рентгенографія) має кілька обмежень у педіатричній популяції, які можуть призвести до неправильного діагнозу: (1) наявність зубних зачатків, перекриття анатомічних структур і зон росту можуть бути затемнені через низьку мінералізацію кістки. Хоча панорамна томографія раніше була “золотим” стандартом, є економічно ефективною та корисною при оцінці травм зубів [22-23], деякі види переломів можуть бути пропущені, особливо в задній частині нижньої щелепи.

Таким чином, завдяки 100% чутливості спіральної КТ при діагностиці переломів нижньої щелепи порівняно з 86% чутливістю панорамної томографії [24], а також появі тривимірної реконструкції, КТ на сьогодні є переважним діагностичним інструментом для рентгенологічної оцінки та діагностики переломів нижньої щелепи у дітей [115-119].

Зібрані нами літературні дані свідчать про різноманітність основних та додаткових методів діагностики. Однак, на наш погляд, актуальним завданням стоматології є удосконалення методів діагностики, що, у свою чергу, сприятиме підвищенню ефективності та прогнозу лікування травм щелепно-лицевої області з урахуванням вікових особливостей пацієнтів.

1.4. Сучасні підходи до лікування переломів нижньої щелепи та профілактики їх ускладнень в дитячому віці

Загальні принципи лікування переломів нижньої щелепи у дітей є схожими з лікуванням переломів у осіб старше 18 років, що передбачає репозицію уламків та їх фіксацію на період загоєння.

Однак лікування переломів нижньої щелепи у дітей має ряд особливостей, які зумовлені подальшим ростом лицьового скелета, анатомічними особливостями, а також наявністю зачатків постійних зубів. На сьогоднішній день сформовано загальну концепцію вибору методу лікування переломів кісток обличчя у дітей, що передбачає домінування консервативних методів іммобілізації, при цьому хірургічне лікування є методом вибору у випадках складних травм. Відсутність чітких критеріїв для вибору методу лікування дозволяє вважати їх розробку однією з актуальних задач у челюстно-лицевій хірургії.

Переломи нижньої щелепи у дітей становлять складну клінічну проблему через особливості анатомічної будови та активні процеси росту і розвитку зубощелепної системи в дитячому віці. Висока пластичність кісткової тканини у дітей, наявність зачатків постійних зубів і близьке розташування важливих анатомічних структур, зокрема нижньощелепного каналу, зумовлюють специфічні вимоги до вибору методів хірургічного лікування.

За наявності переломів нижньої щелепи застосовуються консервативно-ортопедичні та хірургічні методи лікування. Відповідно до додатку до наказу МОЗ України № 566 від 2004 року та Стандарту надання кваліфікованої медичної допомоги постраждалим із переломами нижньої щелепи від 2024 року зазначено, що лікування слід розпочинати з використання консервативно-ортопедичних підходів. Протягом тривалого часу і до сьогоднішнього дня хірурги-стоматологи активно застосовують стандартні та індивідуальні, одно- та двощелепні, назубні й надясенні

пристрої для фіксації щелеп, зокрема шини-капи, ортодонтичні апарати та брекет-системи.

На сьогодні особлива увага в іноземних наукових джерелах приділяється необхідності лікування неускладнених переломів нижньої щелепи із застосуванням мінімально інвазивних методів [119-125]. Так, однощелепну шину-скобу використовують при лінійному переломі нижньої щелепи в межах зубного ряду [29,125-130]. Альтернативним методом також може бути назубне адгезивне шинування з використанням брекет-систем. У випадках переломів нижньої щелепи з незначним зміщенням у деяких ситуаціях може бути доцільним застосування лігатурної фіксації зубів або шинування за допомогою петель [28, 130-142]. Таким чином, двощелепні назубні шини та їх модифікації (Тігерштедта, Васильєва, Еріха тощо) вважаються стандартом при проведенні міжщелепної іммобілізації у разі переломів нижньої щелепи. У сучасних наукових джерелах значна увага приділяється процесам регенерації щелепно-лицевої системи у дітей. Наразі використання МОС в поєднанні з додатковою міжщелепною фіксацією широко висвітлюється в іноземних дослідницьких публікаціях. При аналізі біомеханіки нижньої щелепи важливим аспектом є те, що фіксація нижньої щелепи після перелому забезпечує лише одномоментну репозицію фрагментів, однак сама по собі не здатна ініціювати формування кісткової мозолі через обмеженість власних механічних властивостей, а також не гарантує стабільність з'єднання під дією жувального навантаження [53,58,143-148]. Виходячи з вищезазначеного, при лікуванні переломів нижньої щелепи у дітей необхідно дотримуватися основоположних принципів, незалежно від обраного методу фіксації. Зокрема, під час проведення фіксації нижньої щелепи особлива увага приділяється відновленню оклюзії та правильному співвідношенню зубних рядів у звичному прикусі. Не менш важливим є забезпечення повної іммобілізації кісткових фрагментів, оскільки за наявності їх рухомості існує ризик

формування патологічного суглоба, що в подальшому може негативно вплинути на прогноз лікування.

Під час аналізу сучасних літературних джерел [63,148-152] встановлено, що на сьогоднішній день «золотим стандартом» міжщелепного шинування вважаються такі методи:

Домінуючим підходом є шинування з використанням двощелепних назубних шин та їх модифікацій (шини Тігерштедта, Васильєва, Еріка). Незалежно від конструктивних особливостей, назубні шини фіксуються за допомогою металевих лігатур, що проходять через міжзубні проміжки. У своїй конструкції шини мають гачки, до яких кріпляться міжзубні фіксуючі лігатури або еластичні тяги. На сьогоднішній день у практиці міжщелепної фіксації виділяють п'ять ключових методів зв'язування зубів, які мають широке застосування в клінічній стоматології та щелепно-лицевій хірургії:

- Зв'язування зубів за допомогою металевих лігатур (за Айве, Ернстом) — класичний метод фіксації, при якому лігатури проводяться через міжзубні проміжки для стабілізації положення щелеп.
- Фіксація за допомогою ортодонтичних елементів, таких як кільця, коронки, адгезивні пластинки або брекети з гачками для міжщелепної фіксації [133-138]. Цей підхід забезпечує надійну опору для кріплення еластичних тяг або лігатур.
- Фіксація за допомогою акрилових кап, які індивідуально виготовляються і щільно охоплюють зубні ряди, дозволяючи закріплювати додаткові елементи для іммобілізації щелеп.
- Система Rapid IMF (Synthes Inc, West Chester, PA) — набір гнучких полімерних смужок з вбудованими гачками. Смужка проходить через міжзубний простір, обгортає зуб по колу, фіксується у спеціальному отворі та затягується. Після встановлення необхідної кількості гачків між ними натягується гумова тяга для здійснення міжщелепної фіксації.
- Міжщелепна фіксація за допомогою чотирьох монокортикальних самонарізних гвинтів, які встановлюються у кістку та з'єднуються лігатурою.

Такий тимчасовий метод є доцільним при переломах із незначним зміщенням або як додаткова фіксація після відкритої репозиції. Метод має переваги у простоті встановлення, зменшенні травматизації слизової оболонки порожнини рота, однак вимагає урахування вікових анатомічних особливостей щелепно-лицевої ділянки у дітей. У зв'язку з цим існує ризик травмування нервових структур, пошкодження стінок нижньощелепного каналу та коренів зубів, які перебувають на різних етапах формування. Тому застосування даного методу у дітей не рекомендується.

Вітчизняні та зарубіжні дослідники рекомендують здійснювати фіксацію гвинтів медіальніше або дистальніше до ікл як на верхній, так і на нижній щелепі. Оскільки корені ікл чітко контуровані через слизову оболонку порожнини рота, точка введення гвинта має розташовуватися приблизно на 5 мм апікальніше від верхівки кореня ікла [145-152].

Такий підхід дозволяє знизити ризик ускладнень на даному етапі лікування. У період тимчасового або змінного прикусу при переломах нижньої щелепи можливе застосування гладкої шини-скоби за наявності щонайменше двох стабільних зубів по обидва боки від лінії перелому. Зуби, розташовані безпосередньо в зоні перелому, не придатні для використання як опорні при шинуванні. Особливістю даного методу є те, що у випадках проходження лінії перелому через дистальні фрагменти тіла нижньої щелепи або за недостатньої стабільності фрагментів при застосуванні гладкої шини-скоби рекомендовано додаткове проведення міжщелепної фіксації.

Міжщелепна фіксація при переломах нижньої щелепи в період змінного або молочного прикусу може здійснюватися шляхом фіксації лігатур за виличну кістку. За неможливості застосування гладкої шини-скоби через відсутність або неспроможність зубів рекомендовано використання лінгвальної або термопластичної шини, зафіксованої до зубів або тіла нижньої щелепи з обох боків від лінії перелому.

У період змінного прикусу зміщені відламки щелепи репонують і фіксують також за допомогою шин-кап. До недавнього часу ці шини

виготовлялися виключно з пластмаси типу протакрил, що мало суттєві недоліки, зокрема тривалий час виготовлення та наявність мономера, який часто викликає алергічні реакції зі сторони слизової оболонки порожнини рота у дітей. Нині шини-капи виготовляють за технологією "Essix". Вони вирізняються легкістю, швидкістю виготовлення, відсутністю токсичного та алергічного впливу на тканини ясен, щільним приляганням до них і надійною фіксацією фрагментів пошкодженої щелепи.

У сучасних літературних джерелах, присвячених проблемі лікування переломів нижньої щелепи у дітей, особливу увагу приділяють металоостеосинтезу. Цей процес являє собою хірургічний метод з'єднання кісткових відламків і усунення їх рухливості за допомогою фіксуючих пристроїв.

На сьогоднішній день розрізняють кілька основних способів остеосинтезу. Одним із варіантів остеосинтезу є кістковий шов. Залежно від локалізації та характеру перелому, кістковий шов застосовується в різних модифікаціях – у формі вісімки, петлі, хреста, подвійного або трапецієподібного шва. Можливе також їх поєднання.

Для накладання шва використовують як позаротовий, так і внутрішньоротовий доступ. При проведенні шва на кістку необхідно дотримуватись таких умов: отвори для проведення шовного матеріалу слід розмішувати не ближче ніж за 1 см від лінії перелому; бажано, щоб шов перетинав лінію перелому посередині відстані між нижнім краєм щелепи та основою альвеолярного відростка; отвори необхідно формувати в зонах, де виключено пошкодження нижньощелепного каналу та коренів зубів.

Особливої уваги заслуговує метод внутрішньокісткового введення металевих спиць для лікування кутових переломів. Автори пропонують попередньо накладати на зуби пацієнта шини. Спочатку проводиться знеболення. Вказівним пальцем лівої руки пальпується передній край гілки нижньої щелепи, який зазвичай розташовується на 1,5–2 см латеральніше крилощелепної складки. Спицею проколюється слизова оболонка в ділянці

основи ретромолярного трикутника до досягнення переднього краю гілки щелепи. Вісь спиці повинна бути спрямована на третій зуб протилежного боку. Вмикається бормашина, і спиця вводиться на глибину 1,5–2 см, після чого її від'єднують від наконечника. За допомогою спиці вручну зіставляють відламки, а кінець, що виступає в порожнину рота, фіксується до шини. При нанесенні на гострий кінець спиці гвинтової нарізки значно покращується її фіксація в кістці. Післяопераційне лікування проводиться за загальноприйнятою схемою. Видалення спиць здійснюється через 1,5–2 місяці в амбулаторних умовах завдяки незначному проколу шкіри.

Сучасна стратегія лікування переломів нижньої щелепи у дітей передбачає використання як традиційних, так і інноваційних методів остеосинтезу, з урахуванням анатомо-фізіологічних особливостей зростаючого організму [152-169].

Одним із класичних способів фіксації уламків є МОС за допомогою сталевих спиць Кіршнера. Проте цей метод супроводжується низкою ускладнень: нагноєння післяопераційної рани, вихід спиці за межі кістки з пошкодженням навколишніх тканин, ймовірність травмування нервово-судинного пучка, термічне ураження кісткової тканини при надмірно швидкому введенні, а також недостатня стабільність при використанні однієї спиці, що може спричинити ротацію або ковзання уламків. Для підвищення надійності фіксації деякі автори пропонують застосування двох спиць, введених під кутом або паралельно.

Нині пріоритетними є методи МОС з використанням внутрішньокісткових гвинтів, мікропластин та біорезорбованих фіксаторів, які забезпечують високу стабільність фрагментів і знижують ризик післяопераційних ускладнень. Ці методи особливо ефективні у дитячій практиці, де важливо зберегти зону росту та уникнути порушення розвитку зубощелепної системи.

Автори відзначають, що мікропластини з біоінертних матеріалів, зокрема титану, забезпечують достатній рівень стабілізації уламків, що у

багатьох випадках дозволяє уникнути міжщелепної фіксації. Стабільність досягається як інтраопераційно, так і на етапі післяопераційного спостереження, що свідчить про високу ефективність цього підходу у педіатричній хірургії.

Дитяча нижня щелепа є більш гнучкою, а м'язове навантаження менше, ніж у дорослих, що дозволяє зменшити вимоги до жорсткої фіксації. Як свідчать дані Davison та співавт., переломи у дітей мають тенденцію до меншого зміщення, і в більшості випадків не потребують абсолютної компресії фрагментів.

Перспективним методом є застосування компресійно-дистракційних пристроїв, запропонованих Ю.Г. Кононенком та Г.П. Рузіним. Конструкція складається з шурупа з глухим каналом та компресійного елемента з різьбою і фіксуючою головкою, який з'єднується з назубною шиною. Така система дозволяє досягти контрольованої компресії в зоні перелому, сприяючи регенерації кісткової тканини.

Метод накостного МОС за допомогою мікропластин і монокортикальних гвинтів є одним із найбільш ефективних у сучасній щелепно-лицевій хірургії. Завдяки їх малій товщині, пластини легко адаптуються до поверхні кістки, забезпечують достатню фіксацію та мінімізують ризик пошкодження коренів зубів, нижньоальвеолярного і лицевого нервів. Така фіксація дозволяє уникнути зайвого травмування тканин і зберігає анатомічну цілісність ділянки. M.S. Sheta, M.M. Shoushan, M.M. Hussein, S.E. рекомендують при переломах зі зміщенням відламків нижньої щелепи у дітей використовувати титанові мікропластини, які володіють такими властивостями, як гнучкість, тонкість та фіксуються за допомогою монокортикальних гвинтів.

Автори зазначають, що хірургічне лікування переломів нижньої щелепи у дітей за допомогою мікропластин забезпечує достатній рівень стабільності відламків, щоб відмовитись від міжщелепної іммобілізації [165-175].

Однак лікування переломів у ділянці кута нижньої щелепи становить окрему проблему через високий рівень післяопераційних ускладнень у цій анатомічній зоні. У разі значного зміщення уламків рекомендоване поєднання остеосинтезу з додатковим міжщелепним шинуванням і застосуванням тяги. Імобілізацію проводять протягом 3–4 тижнів для забезпечення повноцінної консолидації.

Функціонально-стабільний МОС з використанням мікропластин сприяє зниженню частоти ускладнень, покращує трофіку ураженої ділянки, дозволяє раннє відновлення функції скронево-нижньощелепного суглоба та створює оптимальні умови для репаративної регенерації кістки. Саме тому цей підхід вважається «золотим стандартом» у лікуванні травматичних ушкоджень нижньої щелепи у дітей.

Враховання вікових анатомічних особливостей нижньої щелепи у дітей при визначенні місць фіксації мініпластин під час МОС, а також використання комп'ютерного планування дозволяють підвищити ефективність хірургічного лікування, зменшити ризик ускладнень та прискорити репаративну регенерацію кісткової тканини.

Незважаючи на широке впровадження сучасних методів лікування переломів нижньої щелепи із застосуванням мініпластин, на сьогоднішній день не досягнуто єдиної думки що до вибору безпечних зон для фіксації гвинтів у дітей з урахуванням вікових анатомічних особливостей [176-188].

Особливої актуальності набуває питання розробки безпечних зон для фіксації мініпластин і оптимізації алгоритмів планування оперативного втручання з використанням сучасних комп'ютерних технологій. Інтеграція біомеханічних розрахунків та візуалізаційних методів (зокрема, конусно-променевої комп'ютерної томографії) дозволяє підвищити точність хірургічних втручань, мінімізувати ризик ускладнень і сприяти ефективній репаративній регенерації кісткової тканини.

У зв'язку з цим, зважаючи на актуальність проблеми, високу клінічну значущість та недостатню кількість практично орієнтованих досліджень, що

враховують вікову анатомічну мінливість нижньої щелепи у дітей, актуальною є розробка нових підходів до остеосинтезу, заснованих на сучасних технологіях візуалізації, біомеханічному аналізі та індивідуалізованому хірургічному плануванні та особливої актуальності дана проблема набуває, зокрема в контексті розвитку таких напрямів охорони здоров'я, як медицина катастроф та військова медицина.

Таким чином, удосконалення методів МОС при переломах нижньої щелепи у дітей є надзвичайно важливим завданням сучасної дитячої щелепно-лицевої хірургії, що обумовлює актуальність дослідження, що планується.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Обґрунтування, структура та дизайн вибраного напрямку дослідження

Травматичні ушкодження кісток лицевого скелета посідають друге місце після запальних захворювань серед причин госпіталізації у відділення хірургічної стоматології дитячого віку. За сучасними епідеміологічними даними, спостерігається стійка тенденція до зростання частоти переломів щелеп у дітей, причому найбільшу питому вагу серед них займають переломи нижньої щелепи [186-189].

У клінічній практиці для лікування переломів нижньої щелепи застосовуються як ортопедичні, так і хірургічні методи, серед яких — двощелепне шинування з міжщелепною тягою. Проте, в умовах формування тимчасового або змінного прикусу, шинування часто виявляється неможливим або неефективним. У випадках вираженого зміщення уламків показаний МОС, який у дітей є не лише альтернативою, а й необхідністю для досягнення стабільної фіксації та відновлення функції [86-91].

Незважаючи на наявність значної кількості наукових публікацій, досі не існує уніфікованого клінічного протоколу МОС нижньої щелепи у дітей з урахуванням вікових анатомічних відмінностей. Відсутність чітких критеріїв щодо вибору безпечних зон для фіксації мініпластин створює ризики пошкодження росткових зон, зачатків постійних зубів або нижньощелепного нерва, що у подальшому може вимагати додаткових втручань [195-197].

З огляду на вищезазначене, актуальною є необхідність науково обґрунтованого підходу до лікування таких травм у дитячому віці. У зв'язку з цим, у даному дослідженні поставлено за мету проаналізувати сучасні підходи до хірургічного лікування переломів нижньої щелепи у дітей, обґрунтувати механізми дії існуючих методів МОС та оптимізувати їх шляхом визначення безпечних зон для фіксації мініпластин у різних вікових

групах. Крім того, у рамках дослідження передбачено створення комп'ютерної програми, яка дозволить індивідуалізувати планування оперативного втручання залежно від локалізації перелому, віку пацієнта та анатомічної будови нижньої щелепи, що має забезпечити більш точний, безпечний і прогностично надійний результат лікування.

Для вирішення поставлених в роботі задач нами було створено програму дослідження, яка складалась з 4 основних етапів (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Дизайн, матеріали та методи дослідження

На першому етапі нами було проведено ретроспективний аналіз 253 комп'ютерних томограм нижньої щелепи без перелому у пацієнтів 1-17 років з метою визначення безпечних зон для фіксації мініпластин та точок свердління гвинтів, які їх утримують при хірургічному лікуванні перелому нижньої щелепи різної локалізації у дітей 1-17 років та 27 комп'ютерних томограм з переломом нижньої щелепи дітей 10 -17 років. Алгоритм визначення безпечних зон на комп'ютерних томограмах проводився в ПЗ Planmeca romexis viewer в режимі мультипланарної реконструкції в сагітальній, коронарній та аксіальній орієнтаціях шляхом заміру найкоротшої відстані від зовнішнього краю кортикальної пластинки нижньої щелепи до нижньоальвеолярного каналу та коренів або фолікулів зубів за допомогою інструменту "лінійка". В результаті виконання даного етапу, нами були визначені безпечні зони для фіксації мініпластин та точки свердління для гвинтів, що їх утримують.

На другому етапі нами було проведено вивчення напружено-деформованого стану фіксуєчих пластин, гвинтів, що їх утримують та безпосередньо нижньої щелепи у зоні її перелому на тривимірній скінченно-елементній моделі з різними варіантами локалізації її переломів та обґрунтовано вибір оптимальної фіксації кісткових уламків на математичній моделі, а також було розроблено алгоритм місця фіксації мініпластин за допомогою комп'ютерної програми. В результаті виконання цього етапу дослідження нами було отримано біомеханічне обґрунтування вибору оптимальної фіксації кісткових уламків при переломі нижньої щелепи та визначено максимально допустиму глибину занурення гвинтів у кісткову тканину при лікуванні переломів нижньої щелепи у дітей в різні вікові періоди з урахуванням стану прикусу дитини.

Третій етап дослідження був присвячений вивченню ролі білків-промаркерів в діагностиці та прогнозуванні перебігу запалення у дітей з переломом нижньої щелепи в динаміці хірургічного лікування шляхом металоостеосинтезу. Результатом даного етапу дослідження стало уявлення

про роль матриксної металопротеїнази-8, klotho-білка та лактоферину в процесі регенерації кісткової тканини в діагностиці і прогнозуванні перебігу запалення та його впливу на репаративний остеогенез у дітей з переломом нижньої щелепи в динаміці хірургічного лікування.

На четвертому етапі нами вивчалась ефективність застосування оптимізованої методики МОС при лікуванні переломів нижньої щелепи у дітей 2-17 років з урахуванням безпечних зон для фіксації мініпластин та свердління гвинтів, що їх утримують. В результаті даного етапу нами було доведено ефективність оптимізованого методу хірургічного лікування переломів нижньої щелепи у дітей 2-17 років з урахуванням анатомічних особливостей в різні вікові періоди, що дозволяє знизити: ймовірність травмування суміжних тканин, нижньоальвеолярного нерву та крайової гілки лицевого нерву; ризик травми коренів зубів та досягнути поліпшення трофіки ураженої ділянки, що запобігає виникненню післяопераційних ускладнень та створює оптимальні умови для репаративної регенерації кісткової тканини, що значно підвищує якість лікування.

На заключному етапі роботи проведено узагальнення отриманих даних, сформульовані висновки і практичні рекомендації, а отримані результати впроваджено в практичну діяльність закладів охорони здоров'я.

При проведенні клінічних досліджень було забезпечено дотримання принципів біоетики та прав пацієнта відповідно до Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації (2008) та Основ законодавства України про охорону здоров'я [199, 200].

Від кожного з батьків дітей, які приймали участь у дослідженні було отримано письмову інформовану згоду на їх участь. Експертизу матеріалів роботи було проведено комісією з біоетики ДДМУ (**Протокол №27 від 16.04.2024 р**).

2.2. Матеріали і методи ретроспективного рентгенологічного дослідження нижньої щелепи у пацієнтів 1-17 років

Матеріалом даного дослідження слугували комп'ютерні томограми дітей без візуальних порушень анатомо-біологічної цілісності та дані історій хвороб дітей з переломами нижньої щелепи, які лікувались шляхом МОС у щелепно-лицевих відділеннях міських лікарень м. Дніпро за період з 2012 по 2022 роки.

З метою визначення безпечних зон для фіксації мініпластин при переломах нижньої щелепи нами було проведено аналіз 253 комп'ютерних томограм нижньої щелепи без травматичних пошкоджень: 50 комп'ютерних томограм у дітей 1-5 років, з яких 21 дівчат (42%) та 29 хлопців (58%), 101 томограма – 6-12 років, з яких 44 дівчини (43,6%) та 57 хлопців (56,4%) та 102 комп'ютерні томограми у дітей 13-17 років, з яких 39 дівчат (38,2%) та 63 хлопця (61,8%), а також 27 комп'ютерних томограм пацієнтів від 10 до 17 років з переломами нижньої щелепи, з яких 10 дівчат (37,1%) та 17 хлопців (62,9%). Всі обстежені діти були учнями різних навчальних закладів. Томограми були проведені на томографі Planmeca.

За даними томографічних знімків дітей віком від 6 до 12 років встановлено, що у 85 % випадків перелом нижньої щелепи проходив через корені перших постійних премолярів або молярів, а також через зачатки других постійних премолярів або молярів. Крім того, у 100 % досліджених випадків спостерігалось максимально близьке розташування нижньощелепного каналу до лінії перелому.

Отримані дані свідчать, що враховуючи анатомічні особливості будови нижньої щелепи у дітей зазначеної вікової групи та наявність зачатків постійних зубів, традиційне свердління по нижньому краю щелепи в ділянці від дистального краю постійного ікла до дистального краю другого постійного моляра є потенційно ризиковим.

Таким чином, анатомічні особливості нижньої щелепи, що варіюють залежно від віку дитини, мають бути обов'язково враховані при плануванні

хірургічного лікування переломів. Ці аспекти були ретельно опрацьовані в нашому дослідженні та будуть докладно висвітлені у наступних розділах роботи.

2.3. Клінічні методи дослідження

Клінічне обстеження дітей проводилось в умовах відділення щелепно-лицьової хірургії міської багатoproфільної клінічної лікарні матері та дитини ім. проф. М.Ф. Руднева за загальноприйнятою методикою

Проводили оцінку щелепи в ділянці перелому. Пальпаторно оцінювалася область перелому вздовж нижньої межі нижньої щелепи. У разі порушення безперервності при пальпації, використовувався симптом непрямого навантаження (симптом відбитого болю) – при тиску пальцями на підборіддя виникає біль у місці перелому нижньої щелепи (тіла, кута, гілки, виросткового відростка).

Критерії включення були наступні: наявність клінічно та рентгенологічно-підтвердженого перелому нижньої щелепи різної локалізації та наявність показань до проведення МОС, спрямованого на фіксацію кісткових уламків при переломі нижньої щелепи.

Критерії виключення були наступними: вік більше 18 років, відмова батьків пацієнта брати участь в дослідженні та неповне клініко-рентгенологічне документування випадку.

2.4. Рентгенологічні методи дослідження

Рентгенологічні дослідження проводили, аналізуючи ортопантомограму, отриману за допомогою апарату PantOS 16 (2004) до та після хірургічного лікування з метою оцінки стану кісткової тканини у місці перелому, а саме тип перелому, його відстань від анатомічно важливих структур та інше. Здійснювали рентгенологічний контроль репаративних процесів та результатів лікування у наближених та віддалених термінах. За необхідності застосовували конусно-променево комп'ютерну томографію, яка дає найбільш точну кількісну оцінку змін кісткової тканини в області перелому і за допомогою якої можна дати оцінку щільності різних шарів

кістки, які виражені в одиницях Хаунсфілда (HU) (опція програми Romexis Viewer). Величина даного параметра визначалася на підставі усереднення результатів вимірювань в сагітальній, коронарній та аксіальній орієнтаціях, проведених у різних зрізах відповідно, отримані дані порівнювали з усередненими параметрами на протилежно розташованій стороні. Після проведення комп'ютерної томографії отримані дані у вигляді серії файлів формату DICOM імпортували в програмне середовище для аналізу томографічних зображень. З метою обробки зображення використовували програмний комплекс Romexis Viewer для Windows 8. За отриманими даними в автоматичному режимі створювали тривимірну віртуальну модель нижньої щелепи для отримання загального уявлення та результату лікування перелому.

2.5. Методи дослідження напружено-деформованого стану, біомеханічного аналізу фіксуєчих елементів та комп'ютерне моделювання

Дослідження напружено-деформованого стану фіксуєчих пластин, гвинтів, що їх утримують та безпосередньо твердих тканин зубощелепного апарату у зоні локалізації травматичного перелому нижньої щелепи виконували з використанням скінченно-елементного аналізу, перспективність якого під час розв'язання різноманітних біомеханічних задач у сучасній стоматології останнім часом знаходить дедалі ширше підтвердження в роботах як зарубіжних, так і вітчизняних авторів [4, 5, 191-195].

Ідея методу скінченних елементів полягає в поданні геометрії досліджуваних конструкцій (у даному випадку уламків щелепної кістки нижньої щелепи, фіксуєчих пластин та гвинтів, що їх утримують) як сукупності окремих елементів досить простих геометричних форм, напружено-деформований стан яких описують загальновідомі теоретичні та експериментальні залежності механіки твердого деформованого тіла. Сполучення елементів здійснюється шляхом задоволення умов нерозривності

переміщень і умов рівноваги. При цьому використовували три групи рівнянь: статичні, що описують стан рівноваги системи; геометричні, що пов'язують деформації та переміщення; і фізичні, що пов'язують між собою сили та деформації.

Математичне моделювання виконувалося з використанням широко відомого пакета моделювання та скінченно-елементного аналізу FEMAP 10.2.0, призначеного для реалізації в середовищі Windows на персональному комп'ютері. Пакет, за допомогою якого побудовані й аналізуються розглянуті моделі на основі скінченно-елементної процедури, визначає переміщення кожного вузла скінченного елемента за трьома координатними осями, нормальні та дотичні напруження, а також еквівалентні напруження за Хубером-Мізесом, які обчислюються за загальновідомою формулою:

$$\sigma_{\text{екв}} = \sqrt{0,5[(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)]}, \quad (2.1)$$

де: $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ – нормальні напруження відповідно по осях x, y і z ;

$\tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}$ – дотичні напруження, що діють відповідно в площинах xy, yz і zx .

Основними критеріями, що оцінюють доцільність застосування того чи іншого способу фіксації уламків нижньої щелепи при травматичному переломі, є максимальні значення еквівалентних напружень, як, у першу чергу, безпосередньо у тканинах зубощелепного ряду, так і у фіксуючих пластинах та гвинтах, які їх утримують, від дії розрахункових значень функціональних навантажень.

Розроблені для аналізу напружено-деформованого стану тривимірні скінченно-елементні моделі нижньої щелепи з різними варіантами локалізації переломів містять усі основні структурні складові: кістку щелепи, яка складається як із кортикального шару, так і з спонгіозної речовини. Дослідження виконувались на моделях нижньої щелепи з габаритними розмірами поперечного перерізу, що відповідають деяким усередненим розмірам. Закріплення тривимірних моделей нижньої щелепи з різними місцями локалізації переломів здійснювались у вузлах скінченних елементів,

розташованих на ділянках прикріплення жувальних м'язів. Основні розміри, використані під час моделювання профілів зубів, прийняті згідно з рекомендованими розмірами для моделювання [201, 202].

Неоднорідність щелепної кістки враховано в розрахунках використанням відповідних фізико-механічних характеристик скінченних елементів для спонгіозного і кортикального шарів кістки, представлених у роботі [203-205].

Під час створення математичних моделей, як функціональні навантаження (що виникають у процесі відкушування та пережовування харчової грудки) прийнято вертикальну F_z і горизонтальну F_y (що діє перпендикулярно до зубного ряду) складові навантаження, які прикладаються до оклюзійних поверхонь коронок зубів. Для виключення концентрацій напружень, що спостерігаються в точках прикладання функціональних навантажень, виконано рівномірний розподіл усіх складових врахованих навантажень на оклюзійних поверхнях зубів, що беруть участь у передаванні функціонального навантаження за різних варіантів завантаження.

2.6. Біохімічні методи дослідження

Враховуючи, що високий відсоток розвитку запалення кісткової тканини в щелепі при її переломі, виявляється не відразу після травми і може провокувати ускладнення в післяопераційному періоді, нами було проведено біохімічне дослідження ротової рідини 42 дитини з переломом нижньої щелепи у віці від 6 до 17 років, які були розподілені на 2 групи в залежності від віку (6-12 років – 13 дітей та 13-17 років – 29 дитина). Групи порівняння складала здорові діти, які не мали стоматологічної патології і були клінічно здорові (6-12 років – 19 дітей та 13-17 років – 28 дітей).

Із біохімічних показників ротової рідини вивчали цифрові значення лактоферину, білку klotho та MMP-8 у пацієнтів, яким проводилось хірургічне лікування перелому нижньої щелепи методом МОС з використанням мініпластин, в динаміці. Аналіз досліджень ротової рідини

проводили до початку хірургічного лікування та через тиждень і місяць після виписки зі стаціонару.

Концентрацію поліфункціонального білка – *лактоферину* (Lactoferrin), який синтезується епітеліальними клітинами та експресію *klotho*-білка визначали за допомогою імуноферментного методу, що базується на використанні “сендвіч”-варіанту твердофазного імуноферментного аналізу [204]. Дослідження проводили на імуноферментному комплексі ImmunoChem-2100 (США). Аналіз проводився в 96-ямкових мікропланшетах, дно лунок яких було вкрите моноклональними антитілами до відповідного молекулярного маркера. Зразки ротової рідини вносили до відповідних лунок мікропланшетів та інкубували протягом необхідного часу. Після етапів промивання реагенти видалялися з лунок мікропланшетів, а також вносилися додаткові реагенти, які згодом вимивалися. Аналіз проводився при додаванні колориметричного реагенту, результуючий сигнал вимірювався спектрофотометрично при 450 нм. Концентрацію досліджуваних показників виражали у нг/мл.

Вміст в ротовій рідині *матричної металопротеїнази-8* (MMP8) визначали методом імуноферментного аналізу з використанням тест-систем фірми «RsD Systems» (США) з оцінкою результатів на вертикальному фотометрі «Multiscan» з наступною обробкою результатів комп’ютерною програмою «Genesis» [227, 231].

2.7. Методи лікування перелому нижньої щелепи

Згідно наказів МОЗ України та Клінічної настанови, заснованої на доказах «Травми щелепно-лицевої ділянки» (реєстровий номер КН 2023 від 17.02.2023) і Стандарту медичної допомоги «Невогнепальні переломи нижньої щелепи (виросткового відростка, гілки, кута, тіла та симфізу)» (реєстровий номер ГС 2023-1096 від 16.06.2023) про надання кваліфікованої медичної допомоги дітям з переломами нижньої щелепи зазначено, що у разі її перелому в області кута, гілки, тіла та симфізу необхідно проведення репозиції та іммобілізації уламків за допомогою МОС [115-118].

На сьогоднішній день хірургічне лікування переломів нижньої щелепи у дітей за допомогою мікропластин забезпечує достатній рівень стабільності відламків, щоб відмовитись від міжщелепної іммобілізації [168-173].

Під час лікування травматичних переломів нижньої щелепи у дітей з оперативних методів нами застосовувався функціонально-стабільний МОС із використанням біоінертних мініпластин різної конструкції. Застосування монокортикальної фіксації мініпластинами при стабілізації переломів нижньої щелепи дозволяє суттєво знизити ризик травмування прилеглих анатомічних структур, покращити трофіку ушкодженої ділянки та забезпечити ранню функціональну мобілізацію м'язового апарату і скронево-нижньощелепного суглоба. Такий підхід сприяє профілактиці післяопераційних ускладнень та створює оптимальні умови для репаративної регенерації кісткової тканини [75-81].

Відповідно до даних літератури, низка авторів рекомендує використовувати для фіксації мініпластин саме монокортикальні гвинти, оскільки їх застосування має ряд переваг: мінімальні розрізи при внутрішньоротовому та позаротовому доступі, зниження ризику травмування нижньоальвеолярного нерву та крайової гілки лицевого нерву, мінімізація ушкодження коренів зубів. Крім того, завдяки малому профілю мініпластин спрощується їх адаптація до форми кістки, що сприяє покращенню стабільності фіксації та зручності у роботі хірурга.

За даними літератури при дослідженні комп'ютерних томограм нижньої щелепи в ANSYS Workbench FEM software було встановлено, що суттєва різниця при застосуванні монокортикальних або бікортикальних гвинтів для фіксації пластин при переломах нижньої щелепи відсутня [118-132], тому для зменшення операційної травми та операційних ризиків нами застосовувались монокортикальні гвинти для фіксації фрагментів мініпластиною при переломах нижньої щелепи у дітей всіх вікових груп.

2.8. Статистична обробка даних

Статистична обробка результатів дослідження проводилася використанням методів описової й аналітичної біостатистики. Перевірку відповідності розподілу кількісних ознак нормальному закону проводили за критерієм Шапіро-Уїлка (SW-W) і Колмогорова-Смірнова (D) з виправленням Ліллефорса, перевірку гіпотези про рівність дисперсій – за критеріями Левіна та Фішера (F).

При нормальному законі розподілу застосовували параметричні характеристики і методи аналізу: середню арифметичну (M), стандартну похибку (m), стандартне відхилення (SD), коефіцієнт варіації (Cv), 95% довірчий інтервал для середньої (95% ДІ), критерій Стьюдента для незалежних вибірок (t) з урахуванням гомо-/гетерогенності дисперсій (оцінка за критерієм Фішера F).

Множинні порівняння проводили за параметричним (ANOVA) і непараметричним (Краскела - Уолліса) дисперсійним аналізом за результатами яких, при наявності розбіжностей, проводилися апостеріорні післятестові попарні порівняння за критерієм Тьюкі при параметричному ANOVA, за критерієм Дана – при непараметричному.

Для описання відносних величин використовувалися узагальнюючі статистичні характеристики: відносні величини (%), 95 % довірчий інтервал (ДІ), рівень статистичної значущості (p). Довірчі інтервали для відносних величин розраховувалися за методом Вальда з нормальною апроксимацією. Оцінка достовірності відмінностей номінальних змінних проводилася за критерієм Хі-квадрат (χ^2) Пірсона в тому числі з поправкою Йейтса на безперервність для малих частот та значень показників близьких до 0 або 100 %. Для оцінки взаємозв'язку між ознаками виконувався кореляційний аналіз з розрахунком коефіцієнтів лінійної кореляції Пірсона (r) та рангової кореляції Спірмена (r_s) відповідно до умов їх застосування [204-206].

Проводився лінійний регресійний аналіз з розрахунком парціальних коефіцієнтів кореляції. За відсутності нормального розподілу у кількісних

даних було проведено перетворення цих первинних даних за методом Бокса-Кокса для отримання нормального розподілу змінних, що підлягали аналізу [207,208].

Використовувався простий парний і множинний логістичні регресійні аналізи. Оцінка значущості впливу факторів на результат здійснювалась за показниками відношення шансів (ВШ, англ. odds ratio - OR) з 95 % ДІ.

Статистично значущим вважалося значення рівня статистичної значущості $p < 0,05$ (5 %) для всіх видів аналізу.

Статистичну обробку результатів дослідження проводили за допомогою методів описової та аналітичної біостатистики, реалізованих у пакетах програмних продуктів STATISTICA 6.1 (StatSoftInc., серійний № AGAR909E415822FA) та Microsoft Excel (Office Home Business 2KB4Y-6H9DB-BM47K-749PV-PG3KT).

РОЗДІЛ 3

БІОМЕХАНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОЇ ФІКСАЦІЇ КІСТКОВИХ УЛАМКІВ ПРИ ПЕРЕЛОМІ НИЖНЬОЇ ЩЕЛЕПИ

Натепер встановлено, що наявність зубів на нижній щелепі призводить до зменшення об'єму кісткової тканини щелепи і, як наслідок, зменшення міцності у поперечних перерізах щелепи у місцях локалізації зубних лунок [14,160]. Тому одним із основних факторів, які впливають на локалізацію переломів в межах зубного ряду, є наявність лунок зубів, через які, частіше за все і проходять лінії переломів. У пацієнтів з тимчасовим зубним рядом до факторів які додатково «послабляють» нижню щелепу (зменшують об'єм кісткової тканини щелепи), без сумніву, можна віднести наявність зачатків постійних зубів, через які проходять лінії переломів [209, 210].

Метою даного біомеханічного дослідження є обґрунтування вибору раціонального фіксатора для точної анатомічної репозиції уламків при розміщенні зуба в лінії травматичного перелому нижньої щелепи.

Використання традиційних аналітичних методів теоретичної механіки та опору матеріалів для виконання точного біомеханічного аналізу не є можливим через надзвичайну громіздкість, пов'язану зі значним розмаїттям геометричних форм і фізико-механічних характеристик твердих тканин зубощелепного ряду, а також через практичну неможливість визначення точних значень напружень у зонах можливих їхніх концентрацій.

Дослідження напружено-деформованого стану фіксуючих пластин, гвинтів, що їх утримують та безпосередньо твердих тканин зубощелепного ряду у зоні локалізації травматичного перелому нижньої щелепи найдоцільніше виконувати з використанням скінченно-елементного аналізу, перспективність якого під час розв'язання різноманітних біомеханічних задач у сучасній стоматології останнім часом знаходить дедалі ширше підтвердження в роботах як зарубіжних, так і вітчизняних авторів [211,212].

Ідея методу скінченних елементів полягає в поданні геометрії досліджуваних конструкцій (у цьому випадку уламків щелепної кістки нижньої щелепи, фіксуючих пластин та гвинтів, що їх утримують) як сукупності окремих елементів досить простих геометричних форм, напружено-деформований стан яких описують загальновідомі теоретичні та експериментальні залежності механіки твердого деформованого тіла. Сполучення елементів здійснюється шляхом задоволення умов нерозривності переміщень і умов рівноваги. При цьому використовують три групи рівнянь: статичні, що описують стан рівноваги системи; геометричні, що пов'язують деформації та переміщення; і фізичні, що пов'язують між собою сили та деформації.

Математичне моделювання виконувалося з використанням широко відомого пакета моделювання та скінченно-елементного аналізу FEMAP 10.2.0, призначеного для реалізації в середовищі Windows на персональному комп'ютері. Пакет, за допомогою якого побудовані й аналізуються розглянуті моделі на основі скінченно-елементної процедури, визначає переміщення кожного вузла скінченного елемента за трьома координатними осями, нормальні та дотичні напруження, а також еквівалентні напруження за Хубером-Мізесом, які обчислюються за загальновідомою формулою:

$$\sigma_{\text{екв}} = \sqrt{0,5[(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)]}, \quad (1)$$

де: $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ – нормальні напруження відповідно по осях x, y і z ;

$\tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}$ – дотичні напруження, що діють відповідно в площинах xy, yz і zx .

Основними критеріями, що оцінюють доцільність застосування того чи іншого способу фіксації уламків нижньої щелепи при травматичному переломі, є максимальні значення еквівалентних напружень, як, у першу чергу, безпосередньо у твердих тканинах зубощелепного ряду, так і у фіксуючих пластинах та гвинтах, які їх утримують, від дії розрахункових значень функціональних навантажень.

Розроблені для аналізу напружено-деформованого стану тривимірні скінченно-елементні моделі нижньої щелепи з різними варіантами локалізації переломів містять усі основні структурні складові: кістку щелепи, яка складається як із кортикального шару, так і з спонгіозної речовини. Дослідження виконувались на моделях нижньої щелепи з габаритними розмірами поперечного перерізу, що відповідають деяким усередненим розмірам. Закріплення тривимірних моделей нижньої щелепи з різними місцями локалізації переломів здійснювались у вузлах скінченних елементів, розташованих на ділянках прикріплення жувальних м'язів. Основні розміри, використані під час моделювання профілів зубів, прийняті згідно з рекомендованими розмірами для моделювання [5].

Неоднорідність щелепної кістки враховано в розрахунках використанням відповідних фізико-механічних характеристик скінченних елементів для спонгіозного і кортикального шарів кістки, представлених у [9].

Під час створення математичних моделей як функціональні навантаження (що виникають у процесі відкушування та пережовування харчової грудки) прийнято вертикальну F_z і горизонтальну F_y (що діє перпендикулярно до зубного ряду) складові навантаження, які прикладаються до оклюзійних поверхонь коронок зубів. Для виключення концентрацій напружень, що спостерігаються в точках прикладання функціональних навантажень, виконано рівномірний розподіл усіх складових врахованих навантажень на оклюзійних поверхнях зубів, що беруть участь у передаванні функціонального навантаження за різних варіантів завантаження.

Дослідження напружено-деформованого стану фіксуючих пластин, гвинтів, що їх утримують та безпосередньо твердих тканин зубощелепного ряду у зоні локалізації травматичного перелому нижньої щелепи найдоцільнішим видається розпочати з пацієнтів вікової групи 12-17 років, так як саме цій групі притаманні найбільші значення функціональних

навантажень, а отже і можливість виникнення максимальних значень еквівалентних напружень у фіксаторах та твердих тканинах зубощелепного ряду.

Основні розміри, використані під час моделювання профілів зубів, що визначали і відповідні розміри їх лунок, прийняті згідно з рекомендованими розмірами для моделювання наведено в табл. 3.1. Ширина періодонтальних щілин зубів перебуває в межах 0,15-0,35 мм. Фізико-механічні характеристики структурних складових скінченно-елементної моделі нижньої щелепи та титанових фіксуєчих пластин і гвинтів, що їх утримують, подані в табл. 2, за наведеними в [6] і [7] значеннями. Товщина кортикального шару нижньої щелепи у зонах локалізації переломів складала 1,8-2,1 мм.

Таблиця 3.1

Розміри, використані під час моделювання профілів опорних зубів

| Морфометричні параметри зуба, мм | | | | | | | |
|----------------------------------|-------------|----------------|---------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| Зуби | Висота зуба | Висота коронки | Висота кореня | Коронка | | Шийка | |
| | | | | Медіо-дистальний розмір | Вестібуло-лінгвальний розмір | Медіо-дистальний розмір | Вестібуло-лінгвальний розмір |
| Центральний різець | 20,7 | 8,5 | 12,2 | 5,5 | 5,7 | 3,4 | 5,6 |
| Медіальний різець | 22,1 | 9,2 | 12,0 | 5,8 | 6,1 | 3,7 | 5,8 |
| Ікло | 25,1 | 10,6 | 14,5 | 6,4 | 7,5 | 5,2 | 7,4 |
| Перший премоляр | 21,6 | 7,6 | 14,0 | 6,7 | 7,7 | 4,9 | 6,9 |
| Другий премоляр | 21,7 | 7,2 | 14,5 | 6,8 | 8,1 | 5,1 | 7,2 |
| Перший моляр | 21,1 | 6,4 | 14,7 | 11,1 | 10,3 | 9,2 | 9,1 |
| Другий моляр | 20,6 | 6,7 | 13,9 | 10,2 | 9,7 | 8,9 | 8,2 |

В якості функціональних навантажень розглянуто два види завантаження щелепи: вертикальною складовою, яка діє по осі центрального різця і виникає при відкушуванні шматка харчової грудки та сумісної дії вертикальної і горизонтальної складових функціонального навантаження на перший моляр, що відповідає навантаженню, яке виникає при пережовуванні їжі.

Розрахункові значення вертикального навантаження прийняті рівними верхній межі сили, що може сприйняти відповідний зуб під час пережовування твердої їжі і складають 70 Н на центральний різець та 200 Н на шостий моляр відповідно (таблиця 3.2). Горизонтальна складова навантаження для шостого моляра становить 10% від вертикальної складової і відповідно дорівнює 20 Н.

Таблиця 3.2

Фізико-механічні характеристики структурних складових скінченно-елементної моделі фрагмента нижньої щелепи, що використовуються в розрахунках

| Матеріал | Модуль пружності E, МПа | Коефіцієнт Пуассона | Межа міцності σ_r , МПа |
|-------------------------------|----------------------------|------------------------|-----------------------------------|
| Кортикальний шар кістки | $10.5 \cdot 10^3$ | 0,3 | 120 |
| Спонгіозна речовина кістки | $0.5 \cdot 10^3$ | 0,3 | 12 |
| Періодонт | 5 | 0,45 | 3,8 |
| Дентин | $2 \cdot 10^3$ | 0,3 | 120 |
| Емаль коронки зуба | $4,0 \cdot 10^4$ | 0,3 | 200 |
| Титан Grade 5 | $1,14 \cdot 10^5$ | 0,33 | 828 |

Дослідження напружено-деформованого стану у зоні локалізації травматичного перелому нижньої щелепи твердих тканин зубощелепного ряду, фіксуючих пластин та гвинтів, що їх утримують виконувалось на

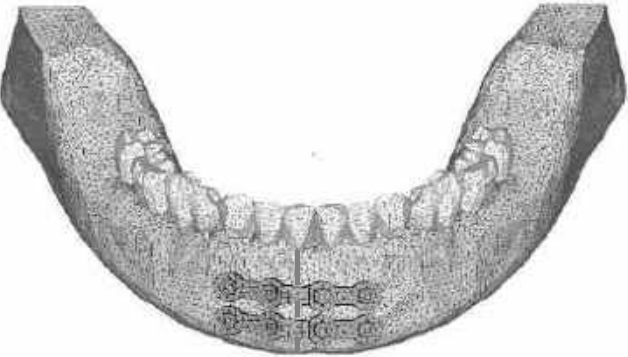

спеціально розроблених восьми просторових скінченно-елементних моделях фрагментів нижньої щелепи, які відрізнялись між собою локалізацією перелому.

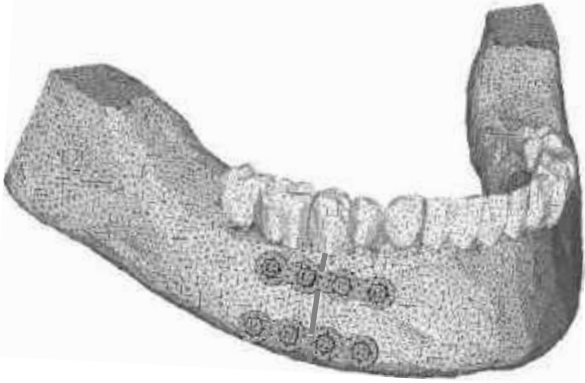
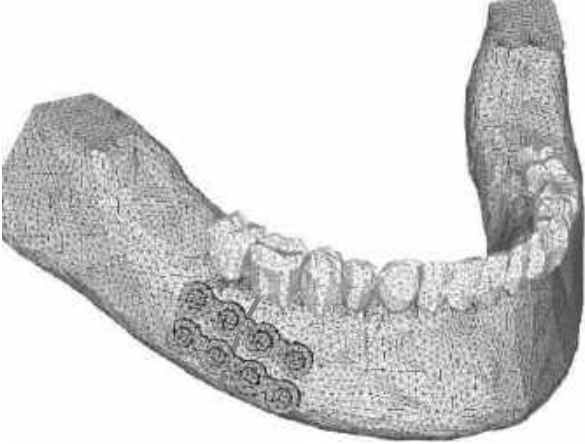
Як видно із таблиці 3.3. кожна із восьми просторових скінченно-елементних моделей відповідає восьми випадкам локалізації лінії переломів через лунки різних зубів, починаючи від центрального різця і закінчуючи зачатком третього моляра.


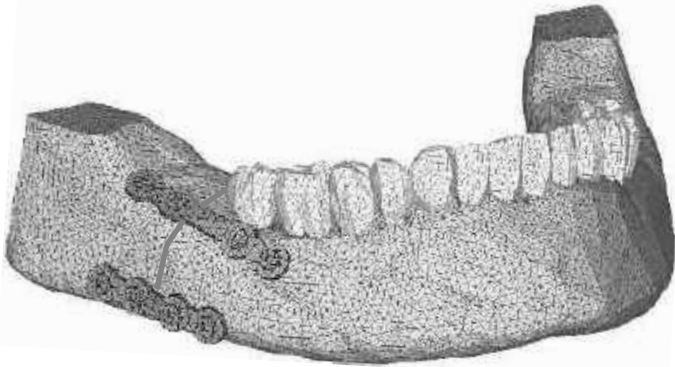
Для кожної із математичних моделей розглядалися три можливі способи фіксації кісткових уламків нижньої щелепи при розміщенні зуба в лінії травматичного перелому за допомогою пластин із титану Grade 5 та утримуючих їх гвинтів.

Таблиця 3.3

Варіації скінченно-елементних комп'ютерних моделей фрагментів нижньої щелепи з різною локалізацією переломів

| | | |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 |  | <p>Лінія перелому тіла нижньої щелепи проходить через лунку центрального різця. Верхня пластина товщиною 1 мм, 4 гвинта довжиною 5 мм діаметром 2 мм, нижня пластина товщиною 1 мм, 4 гвинта довжиною 5 мм діаметром 2 мм.</p> |
| 2 |  | <p>Лінія перелому тіла нижньої щелепи проходить через лунку латерального різця. Верхня пластина товщиною 1 мм, 4 гвинта довжиною 5 мм діаметром 2 мм, нижня пластина товщиною 1 мм, 4 гвинта довжиною 5 мм діаметром 2 мм.</p> |

| | | |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 |  | <p>Лінія перелому тіла нижньої щелепи проходить через лунку ікла. Верхня пластина товщиною 1 мм, 4 гвинта довжиною 5 мм діаметром 2 мм, нижня пластина товщиною 1 мм, 4 гвинта довжиною 5 мм діаметром 2 мм.</p> |
| 4 |  | <p>Лінія перелому тіла нижньої щелепи проходить через лунку першого премоліара. Верхня пластина товщиною 1 мм, 4 гвинта довжиною 5 мм діаметром 2 мм, нижня пластина товщиною 1 мм, 2 гвинта довжиною 5 мм, 1 гвинт довжиною 4 мм та 1 гвинт довжиною 3 мм діаметром 2 мм.</p> |
| 5 |  | <p>Лінія перелому тіла нижньої щелепи проходить через лунку другого премоліара. Верхня пластина товщиною 1 мм, 4 гвинта довжиною 5 мм діаметром 2 мм, нижня пластина товщиною 1 мм, 2 гвинта довжиною 3 мм, та по 1 гвинту довжиною 4 мм та 3 мм діаметром 2 мм.</p> |
| 6 |  | <p>Лінія перелому тіла нижньої щелепи проходить через лунку першого моліара. Верхня пластина товщиною 1 мм, 4 гвинта довжиною 5 мм діаметром 2 мм, нижня пластина товщиною 1 мм, 4 гвинта довжиною 3 мм діаметром 2 мм.</p> |

| | | |
|---|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7 |  | <p>Лінія перелому тіла нижньої щелепи проходить через лунку другого моляра. Верхня пластина товщиною 1 мм, 4 гвинта довжиною 5 мм діаметром 2 мм, нижня пластина товщиною 1 мм, 4 гвинта довжиною 5 мм діаметром 2 мм.</p> |
| 8 |  | <p>Лінія перелому тіла нижньої щелепи проходить через лунку центрального різця. Верхня пластина товщиною 1 мм, 4 гвинта довжиною 5 мм діаметром 2 мм, нижня пластина товщиною 1 мм, 4 гвинта довжиною 5 мм діаметром 2 мм.</p> |

Для фіксації кісткових уламків нижньої щелепи застосовувалися сертифіковані мініпластини виробництва товариства з обмеженою відповідальністю «І-Плант» необхідної довжини з шириною поперечного перерізу 3 мм і товщиною 1 мм та відповідні їм гвинти діаметром 2 мм та довжиною 3-5 мм.

З метою зменшення кількості скінченних елементів, і, як наслідок, зменшення обсягу обчислювальних процедур і кількості затраченого на обчислення часу, з моделі виключені структурні елементи, які не чинять істотного впливу на результати розрахунків: м'які тканини ясен, а також весь зубний ряд за винятком центрального різця та першого моляра, які забезпечують передачу функціонального навантаження на тверді тканини нижньої щелепи.

У всіх восьми досліджуваних просторових скінченно-елементних моделях фрагментів нижньої щелепи локалізації лінії переломів, які проходять через лунки різних зубів, розташовувалися з іншого боку нижньої щелепи від місця передачі функціонального навантаження від пережовування харчової грудки, так як саме таке позиціонування лінії переломів по відношенню до положення харчової грудки викликає передачу більшої частини функціонального навантаження через фіксуючі пластини та гвинти на сторону, що балансує нижньої щелепи.

Першу об'ємну скінченно-елементну модель розроблено для дослідження напружено-деформованого стану твердих тканин зубощелепного ряду, фіксуючих пластин та гвинтів, що їх утримують, з локалізацією травматичного перелому що проходить через лунку центрального різця нижньої щелепи.

Розглядалися три варіанти фіксації уламків нижньої щелепи: розміщення фіксуючої мініпластини закріпленої чотирма гвинтами довжиною 5 мм і діаметром 2 мм поблизу верхнього краю щелепи, розміщенням фіксуючої мініпластини на нижній частині щелепи та фіксацією уламків двома мініпластинами в ділянках верхнього та нижнього країв нижньої щелепи.

Розглядувана математична модель розбита досить дрібною скінченно-елементною сіткою з тетраедальних елементів (загалом для побудови використовували 249040 об'ємні елементи при 377359 вузлових точках).

Під час моделювання не враховувались в'язко-пружні властивості структурних складових скінченно-елементної моделі фрагмента нижньої щелепи, тертя між кістковими уламками і пластиною та прикус. Для більшої наочності на рис. 3.1., 3.2. і 3.3. подано окремо поля розподілу еквівалентних напружень уламків нижньої щелепи у зоні лінії травматичного перелому та самих елементів фіксації перелому.

Результати розрахунків максимальних значень еквівалентних напружень структурних складових нижньої щелепи у зонах їх концентрацій

для трьох варіантів фіксації уламків нижньої щелепи та розміщенні харчової грудки над центральним різцем та першим моляром наведені у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Результати розрахунків максимальних значень еквівалентних напружень у структурних складових нижньої щелепи та фіксаторі

| Варіанти фіксації уламків нижньої щелепи | Розрахункове значення і локалізація функціонального навантаження, Н | Максимальні еквівалентні напруження, МПа | | | |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------|--------------|--------|
| | | Кортикальний шар щелепи | Спонгіозний шар щелепи | Мініпластина | Гвинти |
| Мініпластина поблизу верхнього краю щелепи | $F_z = 70$, центральний різець | 103,1 | 6,181 | 320,9 | 371,2 |
| | $F_z = 200$, $F_y = 20$, перший моляр | 112,1 | 6,202 | 364,1 | 515,5 |
| Мініпластина поблизу нижнього краю щелепи | $F_z = 70$, центральний різець | 95,1 | 6,342 | 355,4 | 326,4 |
| | $F_z = 200$, $F_y = 20$, перший моляр | 101,9 | 6,521 | 410,4 | 515,7 |
| Дві мініпластини | $F_z = 70$, центральний різець | 78,2 | 6,059 | 221,6 | 399,2 |
| | $F_z = 200$, $F_y = 20$, перший моляр | 78,6 | 6,121 | 220,1 | 295,4 |

Проаналізувавши максимальні значення еквівалентних напружень, які наведені у табл. 4, можна дійти висновку, що головним критерієм оцінки доцільності застосування того чи іншого способу фіксації уламків нижньої щелепи при травматичному переломі можна вважати максимальні значення еквівалентних напружень у кортикальному шарі щелепи, так як вони наближаються до значень межі міцності (а в деяких випадках і перевищують границю міцності) кортикального шару.

Дещо більші значення еквівалентних напружень у структурних складових нижньої щелепи та фіксуючих уламки елементах виникають при прикладенні функціонального навантаження на першому молярі, що

відповідає випадку пережовування харчової грудки (рис. 3.1). Локалізація однієї фіксуєчої мініпластини несуттєво змінює максимальні значення еквівалентних напружень у кортикальному шарі щелепи, які виникають при пережовуванні харчової грудки.

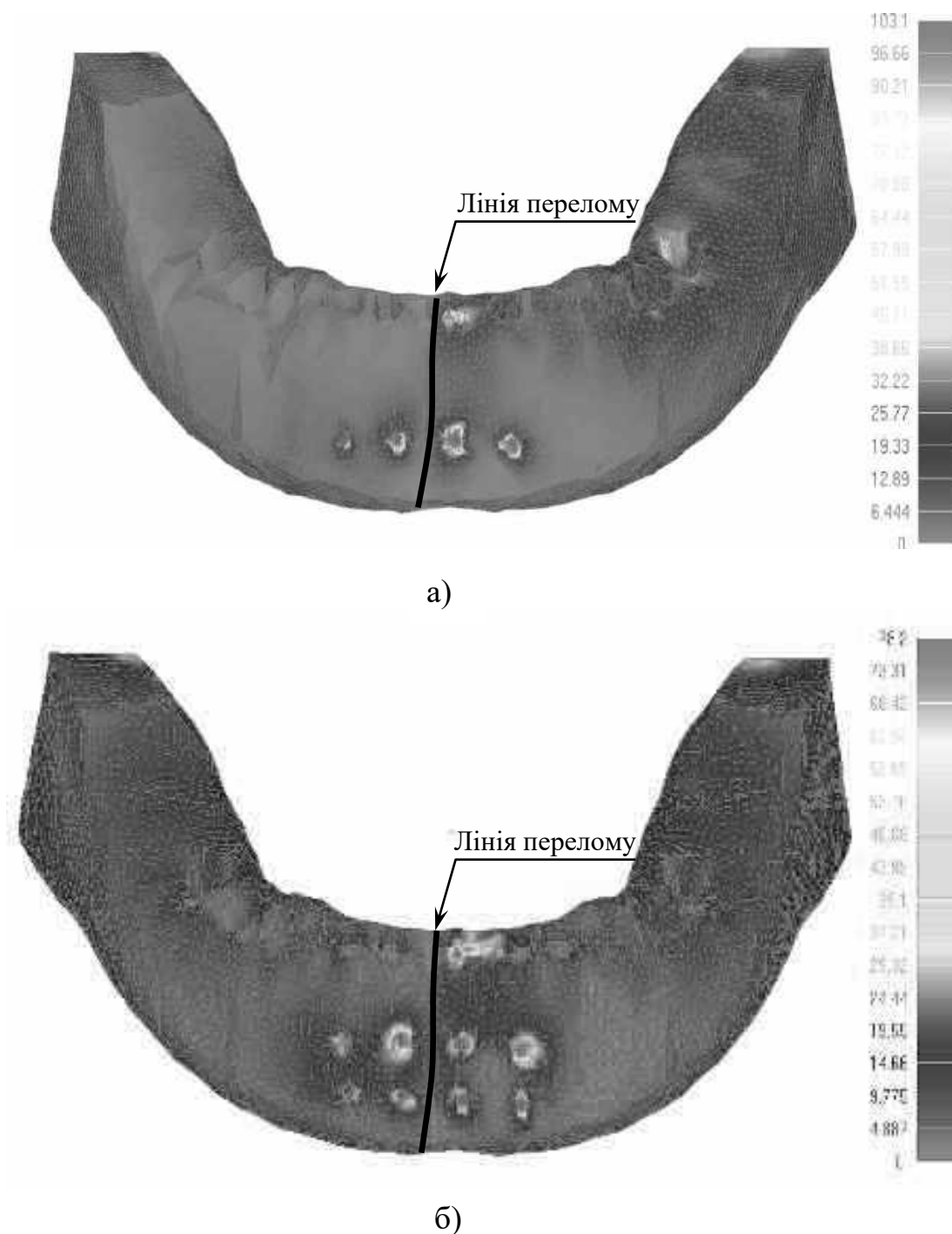


Рис. 3.1. Поля розподілу еквівалентних напружень у кортикальному шарі щелепи при завантаженні центрального різця і фіксацією перелому: а) однією мініпластиною; б) двома мініпластинами.

Максимальні значення еквівалентних напружень у спонгіозному шарі щелепи далекі від значень межі міцності. Максимальні значення еквівалентних напружень у фіксуючих мініпластинах і гвинтах складають 35-65 % межі міцності для трьох розглядуваних методів фіксації перелому нижньої щелепи. Максимальні значення еквівалентних напружень у кортикальному шарі щелепи при фіксації травматичного перелому двома мініпластинами на 22-30 % менші ніж значення еквівалентних напружень у кортикальному шарі, які виникають у інших двох випадках фіксації уламків щелепи однією пластиною (рис. 3.2).

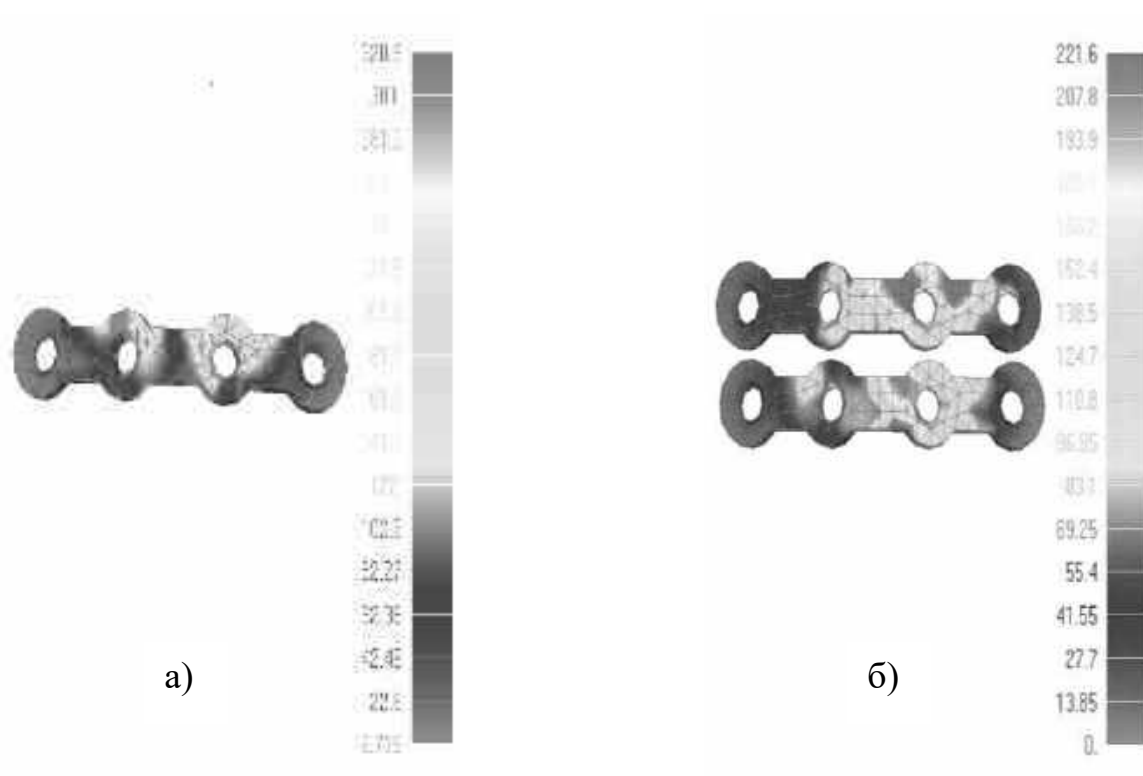


Рис. 3.2. Поля розподілу еквівалентних напружень у мініпластинах при завантаженні центрального різця і фіксацією перелому: а) однією мініпластиною; б) двома мініпластинами.

Як видно із рисунка 3.1. максимальні значення еквівалентних напружень у кортикальному шарі нижньої щелепи виникають навколо крайніх від лінії перелому гвинтів. Максимальні значення еквівалентних напружень спостерігаються також у крайніх від лінії перелому гвинтах рис. 3. Максимальні значення еквівалентних напружень у мініпластинах при всіх розглянутих способах їх фіксації виникають на ділянках між найближчими до лінії перелому гвинтами.

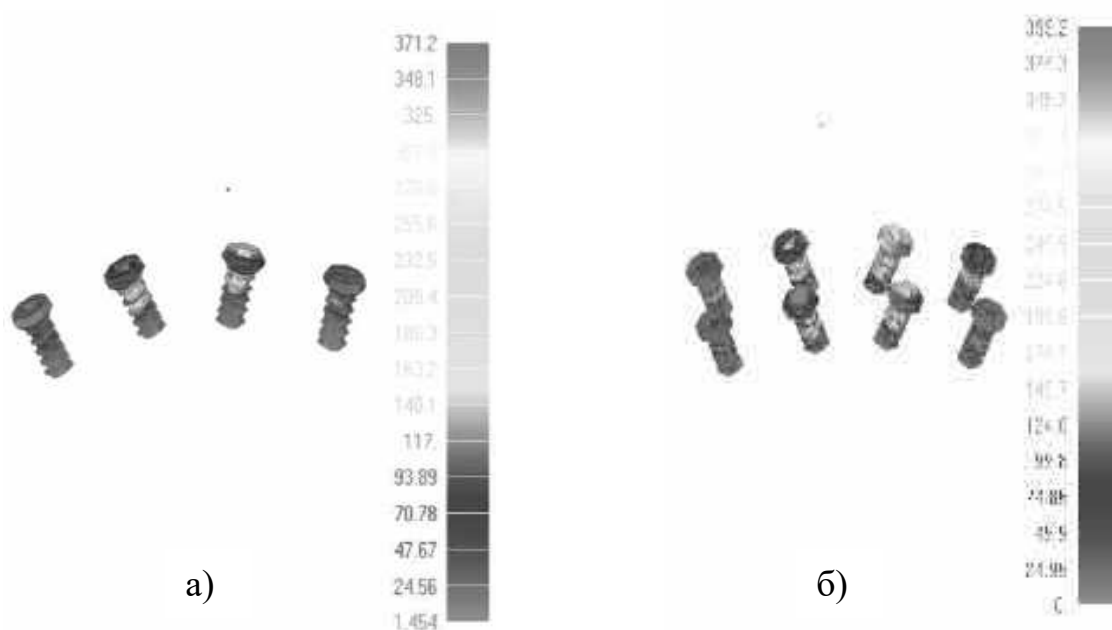


Рис. 3.3. Поля розподілу еквівалентних напружень у фіксуючих гвинтах при завантаженні центрального різця і фіксацією перелому: а) однією мініпластиною; б) двома мініпластинами.

З огляду на результати розрахунків максимальних значень еквівалентних напружень, які наведені у табл. 4 та на рис. 1., можна констатувати, що для надійної фіксації уламків нижньої щелепи з можливістю сприйняття функціональних навантажень, які виникають при пережовуванні харчової грудки, можна рекомендувати фіксацію перелому двома мініпластинами. Фіксація уламків нижньої щелепи однією мініпластиною, при будь-якій її локалізації по висоті щелепи, недостатня для

сприйняття функціонального навантаження при перетині лінією перелому лунки центрального різця.

Другу об'ємну скінченно-елементну модель, (табл. 3.3), розроблено для дослідження напружено-деформованого стану твердих тканин зубощелепного ряду, фіксуєчих пластин та гвинтів, що їх утримують, з локалізацією травматичного перелому, лінія якого проходить через лунку латерального різця нижньої щелепи. У всіх трьох варіантах фіксації уламків нижньої щелепи (розміщення мініпластини поблизу верхнього краю щелепи, на нижній частині щелепи та двома мініпластинами одночасно) застосовувалися чотири гвинти для кожної мініпластини довжиною 5 мм і діаметром 2 мм.

Результати розрахунків максимальних значень еквівалентних напружень у зонах їх концентрацій в кортикальному шарі щелепи та фіксаторі для трьох варіантів фіксації уламків нижньої щелепи та локалізації харчової грудки над центральним різцем та першим моляром наведені у таблиці 3.5.

Максимальні значення еквівалентних напружень, згідно з табл. 3.5, у кортикальному шарі щелепи при фіксації травматичного перелому двома мініпластинами на 22-63 % менші ніж значення еквівалентних напружень у кортикальному шарі, які виникають при фіксації уламків щелепи однією пластиною з різною її локалізацією по висоті щелепи. Поля розподілу еквівалентних напружень у кортикальному шарі нижньої щелепи у зоні лінії перелому, яка проходить через лунку латерального різця подано на рис. 3.4.

Наведені у таблиці 3.5 та на рисунку 3.4., результати розрахунків підтверджують достатньо надійну фіксацію перелому, що проходить через лунку латерального різця нижньої щелепи двома мініпластинами. Фіксація перелому нижньої щелепи однією мініпластиною, при будь-якій її локалізації по висоті щелепи, недостатня для сприйняття функціонального навантаження.

Таблиця 3.5

Максимальні значення еквівалентних напружень у кортикальному шарі нижньої щелепи та фіксаторі при травматичному переломі, лінія якого проходить через лунку латерального різця

| Варіанти фіксації уламків нижньої щелепи | Розрахункове значення і локалізація функціонального навантаження, Н | Максимальні еквівалентні напруження, МПа | | |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------|--------|
| | | Кортикальний шар щелепи | Мініпластина | Гвинти |
| Мініпластина поблизу верхнього краю щелепи | $F_z = 70$, центральний різець | 108,1 | 252,8 | 387,7 |
| | $F_z = 200$, $F_y = 20$, перший моляр | 117,7 | 336,3 | 577,3 |
| Мініпластина поблизу нижнього краю щелепи | $F_z = 70$, центральний різець | 102,8 | 370,2 | 462,4 |
| | $F_z = 200$, $F_y = 20$, перший моляр | 127,1 | 491,2 | 545,1 |
| Дві мініпластини | $F_z = 70$, центральний різець | 63,04 | 156,5 | 257,6 |
| | $F_z = 200$, $F_y = 20$, перший моляр | 96,53 | 213,7 | 406,7 |

Третю, четверту та п'яту об'ємну скінченно-елементну модель (табл. 3.3) розроблено для дослідження напружено-деформованого стану твердих тканин зубощелепного ряду, фіксуючих пластин та гвинтів, що їх утримують, з локалізацією травматичного перелому що проходить відповідно через лунки ікла, першого премоляру та другого премоляру нижньої щелепи. У всіх трьох варіантах фіксації перелому нижньої щелепи (розміщення мініпластини вище ментального отвору, нижче ментального отвору та двома мініпластинами відповідно) застосовувалися чотири гвинти для кожної мініпластини.

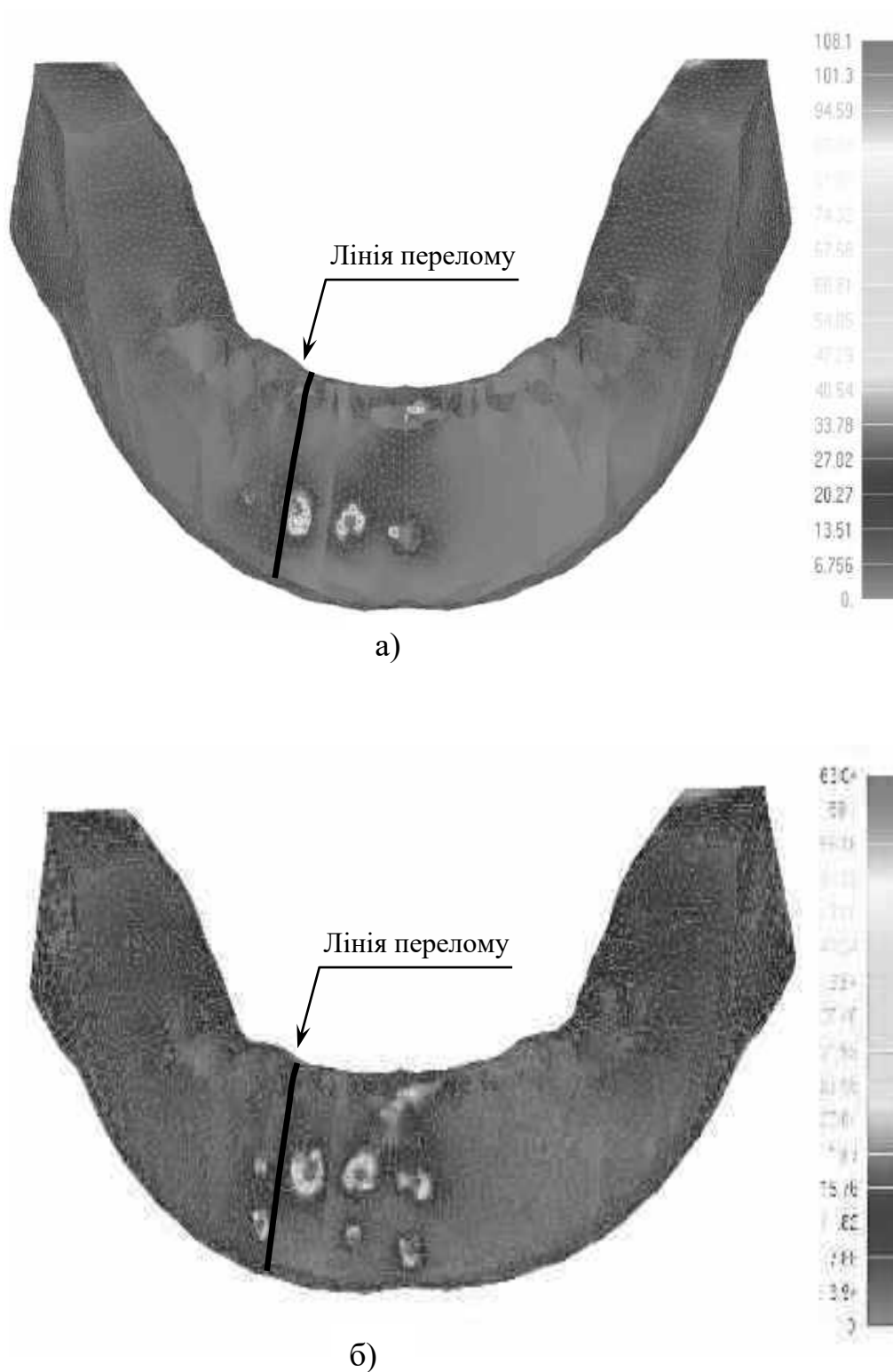


Рис. 3.4. Поля розподілу еквівалентних напружень у кортикальному шарі щелепи при перетині лінією перелому лунки латерального різця і завантаженні центрального різця та фіксацією перелому: а) однією мініпластиною; б) двома мініпластинами.

При проходженні лінії перелому через лунку ікла мініпластини фіксувалися гвинтами довжиною 5 мм і діаметром 2 мм. У випадку перетину лінією перелому лунки першого премоляра мініпластина, яка розташовувалась вище ментального отвору фіксувалася гвинтами довжиною 5 мм, а мініпластина, яка знаходилася нижче ментального отвору фіксувалася двома гвинтами довжиною 5 мм, одним гвинтом довжиною 4 мм та одним гвинтом довжиною 3 мм. Всі гвинти для фіксації мініпластин мали діаметр 2 мм.

При перетині лінією перелому лунки другого премоляра мініпластина, яка розміщувалась вище ментального отвору фіксувалася гвинтами довжиною 5 мм, а мініпластина, яка знаходилася нижче ментального отвору фіксувалася одним гвинтом довжиною 5 мм, одним гвинтом довжиною 4 мм та двома гвинтами довжиною 3 мм. Всі гвинти для фіксації мініпластин мали діаметр 2 мм. Результати розрахунків максимальних значень еквівалентних напружень у кортикальному шарі щелепи та фіксаторі у зонах їх концентрацій для трьох варіантів фіксації уламків нижньої щелепи та локалізації харчової грудки над центральним різцем та першим моляром наведені у таблиці 3.6.

У випадку перетину лінією перелому лунки ікла максимальні значення еквівалентних напружень у кортикальному шарі щелепи при фіксації травматичного перелому двома мініпластинами на 44-50 % менші відповідних еквівалентних напружень у кортикальному шарі, які виникають при фіксації перелому однією пластиною з різною її локалізацією по висоті щелепи.

При перетині лінією перелому лунки першого премоляру максимальні значення еквівалентних напружень у кортикальному шарі щелепи при фіксації травматичного перелому двома мініпластинами на 41-60 % менші відповідних еквівалентних напружень у кортикальному шарі, які виникають при фіксації перелому однією пластиною з різною її локалізацією по висоті щелепи (рис. 3.5 та 3.6).

Таблиця 3.6

Максимальні значення еквівалентних напружень у кортикальному шарі нижньої щелепи та фіксаторі при перетині лінією перелому лунок ікла, першого та другого премолярів

| Локалізація лінії перелому | Варіанти фіксації уламків нижньої щелепи | Розрахункове значення і локалізація функціонального навантаження, Н | Максимальні еквівалентні напруження, МПа | | |
|-----------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------|--------|
| | | | Кортикальний шар щелепи | Мініпластина | Гвинти |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Перетинає лунку ікла | Мініпластина вище ментального отвору | $F_z = 70$, центральний різець | 120,3 | 196,4 | 319,7 |
| | | $F_z = 200$, $F_y = 20$, перший моляр | 129,5 | 324,8 | 552,5 |
| | Мініпластина нижче ментального отвору | $F_z = 70$, центральний різець | 109,9 | 170,9 | 464,4 |
| | | $F_z = 200$, $F_y = 20$, перший моляр | 128,4 | 249,4 | 529,1 |
| | Дві мініпластини | $F_z = 70$, центральний різець | 75,81 | 118,3 | 238,3 |
| | | $F_z = 200$, $F_y = 20$, перший моляр | 85,38 | 192,2 | 264,5 |
| Перетинає лунку першого премоляра | Мініпластина вище ментального отвору | $F_z = 70$, центральний різець | 103,6 | 154,7 | 326,3 |
| | | $F_z = 200$, $F_y = 20$, перший моляр | 138,0 | 250,6 | 462 |
| | Мініпластина нижче ментального отвору | $F_z = 70$, центральний різець | 96,86 | 148,4 | 357,2 |
| | | $F_z = 200$, $F_y = 20$, перший моляр | 123,2 | 302,9 | 465,6 |
| | Дві мініпластини | $F_z = 70$, центральний різець | 60,36 | 267 | 328,5 |
| | | $F_z = 200$, $F_y = 20$, перший моляр | 87,31 | 95,9 | 238,1 |

Продовження таблиці 3.6

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------|-------|-------|
| Перетинає лунку другого премоляра | Мініпластина вище ментального отвору | $F_z = 70$, центральний різець | 123,8 | 162,9 | 367,2 |
| | | $F_z = 200$, $F_y = 20$, перший моляр | 144,1 | 219,5 | 443 |
| | Мініпластина нижче ментального отвору | $F_z = 70$, центральний різець | 103,8 | 144,3 | 310,4 |
| | | $F_z = 200$, $F_y = 20$, перший моляр | 132,1 | 199,8 | 408,2 |
| | Дві мініпластини | $F_z = 70$, центральний різець | 73,38 | 106,9 | 227,1 |
| | | $F_z = 200$, $F_y = 20$, перший моляр | 84,10 | 161,4 | 397,5 |

Фіксація перелому, який перетинає лунку другого премоляру двома мініпластинами призводить до зменшення на 41-57 % значень еквівалентних напружень у кортикальному шарі щелепи у порівнянні з фіксації перелому однією пластиною з різним її розміщенням по висоті щелепи.

Поля розподілу еквівалентних напружень у кортикальному шарі нижньої щелепи при перетині лінією перелому лунки ікла, лунки першого премоляру та лунки другого премоляру відповідно подані на рис. 3.5., 3.6. та рис. 3.7.

Шосту, сьому та восьму об'ємну скінченно-елементну модель, табл. 3.6, розроблено для дослідження напружено-деформованого стану твердих тканин зубощелепного ряду, фіксуючих пластин та гвинтів, що їх утримують, з локалізацією травматичного перелому що проходить відповідно через лунки першого моляру, другого моляру та зачаток третього моляру нижньої щелепи.

У всіх варіантах фіксації перелому нижньої щелепи (крім випадку перетину лінією перелому зачатку третього моляру) розміщені на верхній третині нижньої щелепи мініпластини фіксувалися чотири гвинтами довжиною 5 мм і діаметром 2 мм.

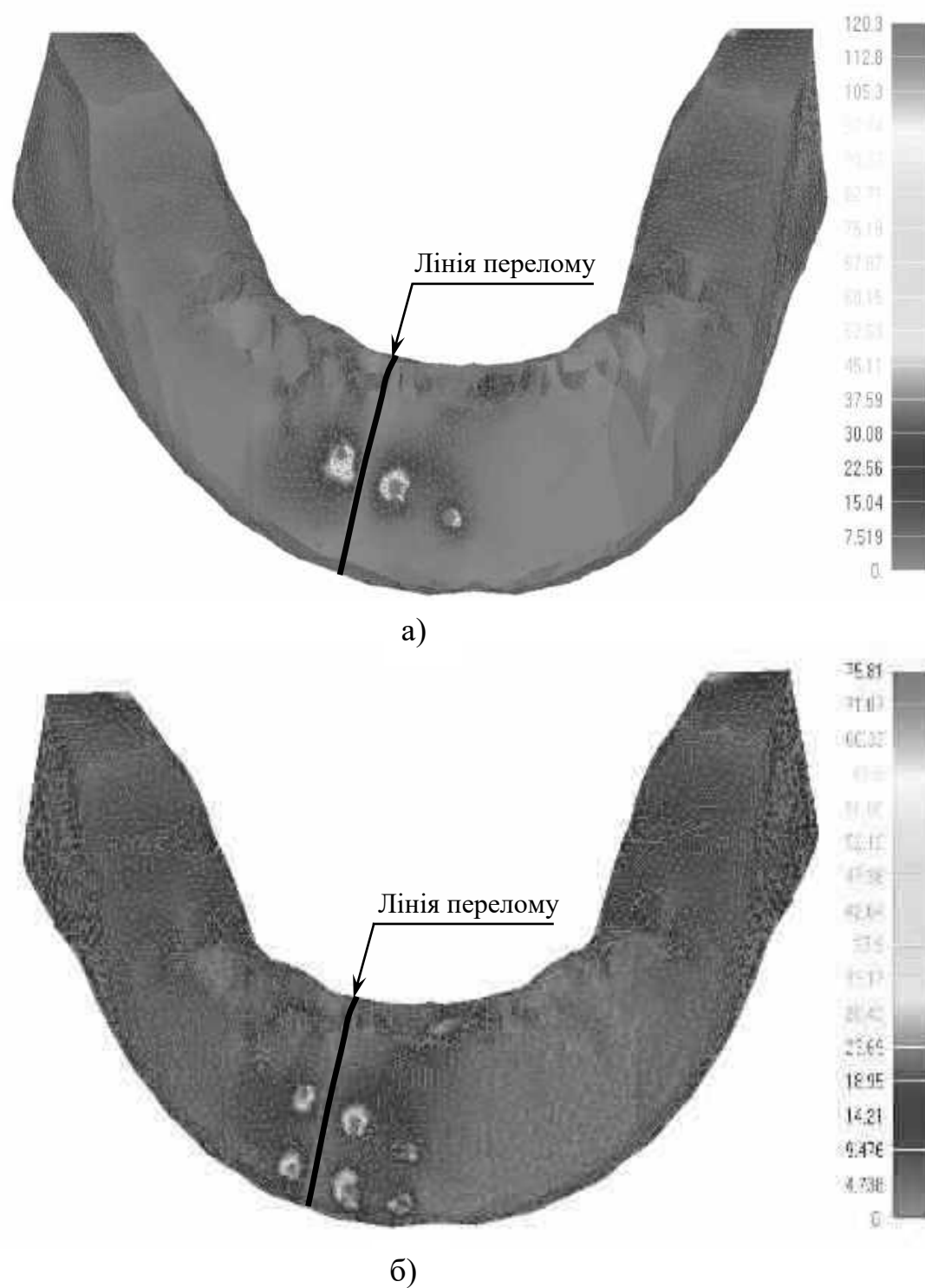
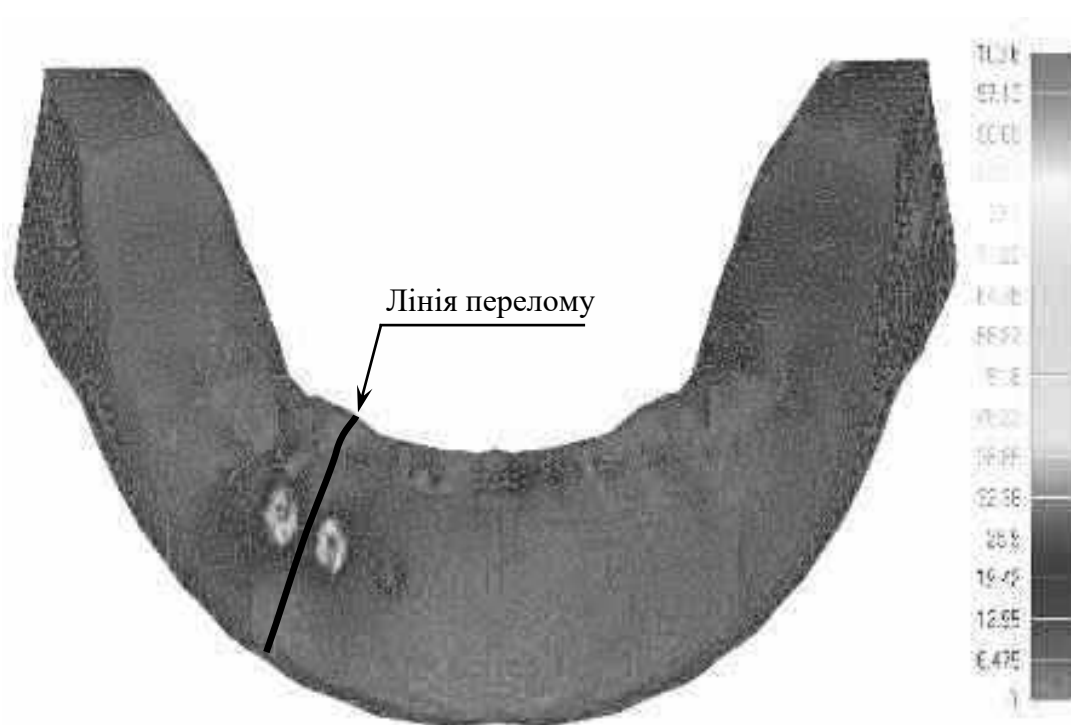
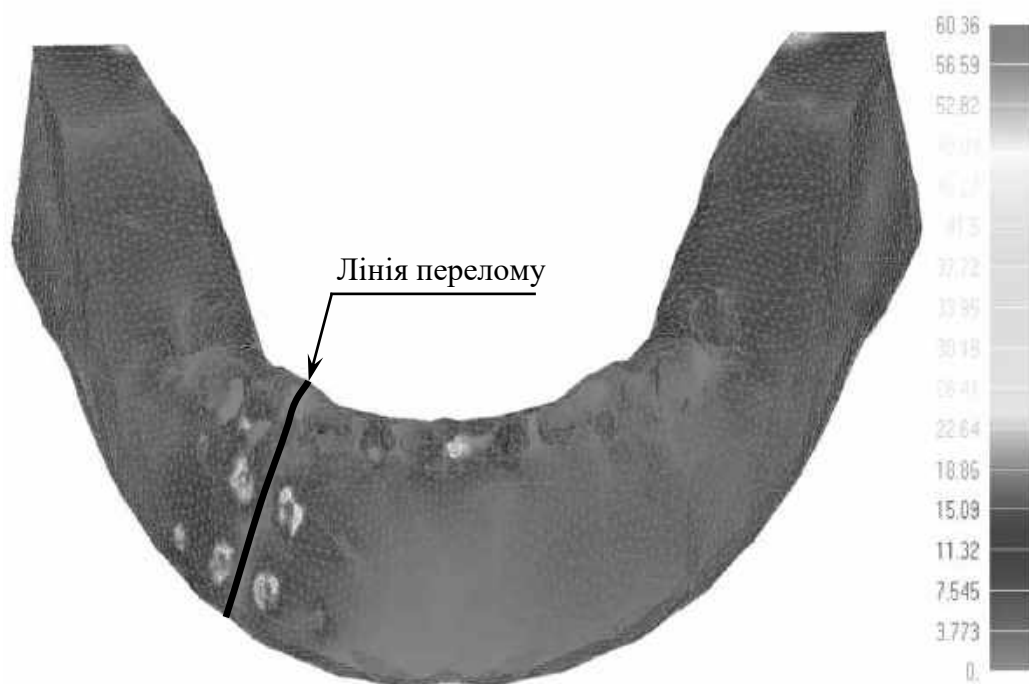


Рис. 3.5. Поля розподілу еквівалентних напружень у кортикальному шарі щелепи при перетині лінією перелому лунки ікла і завантаженні центрального різця та фіксацією перелому: а) однією мініпластиною; б) двома мініпластинами.

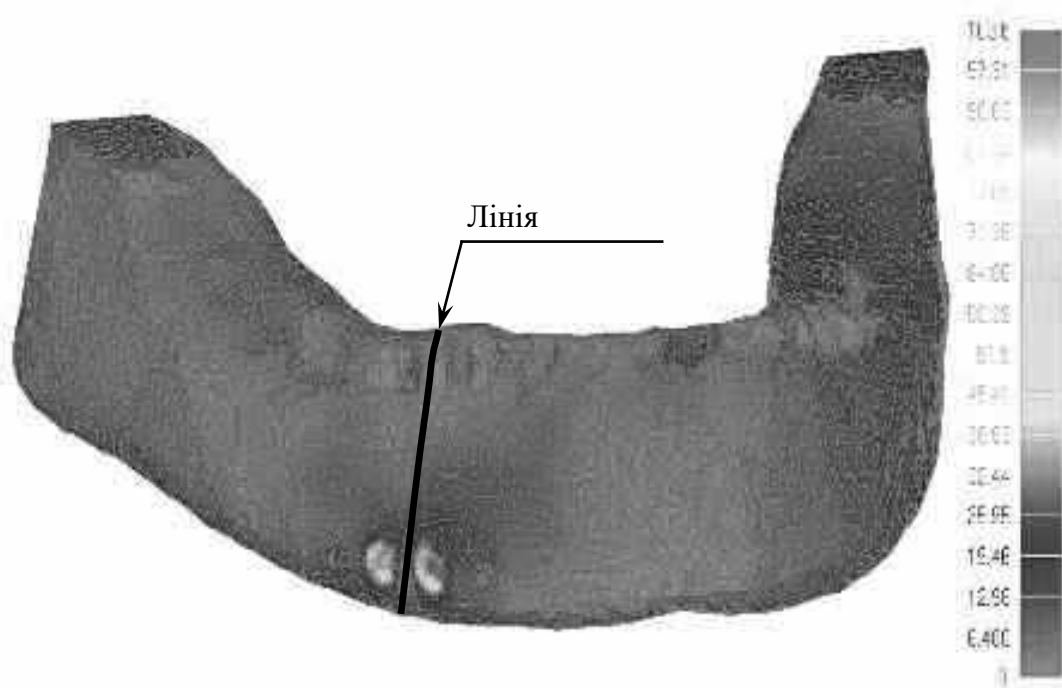


а)

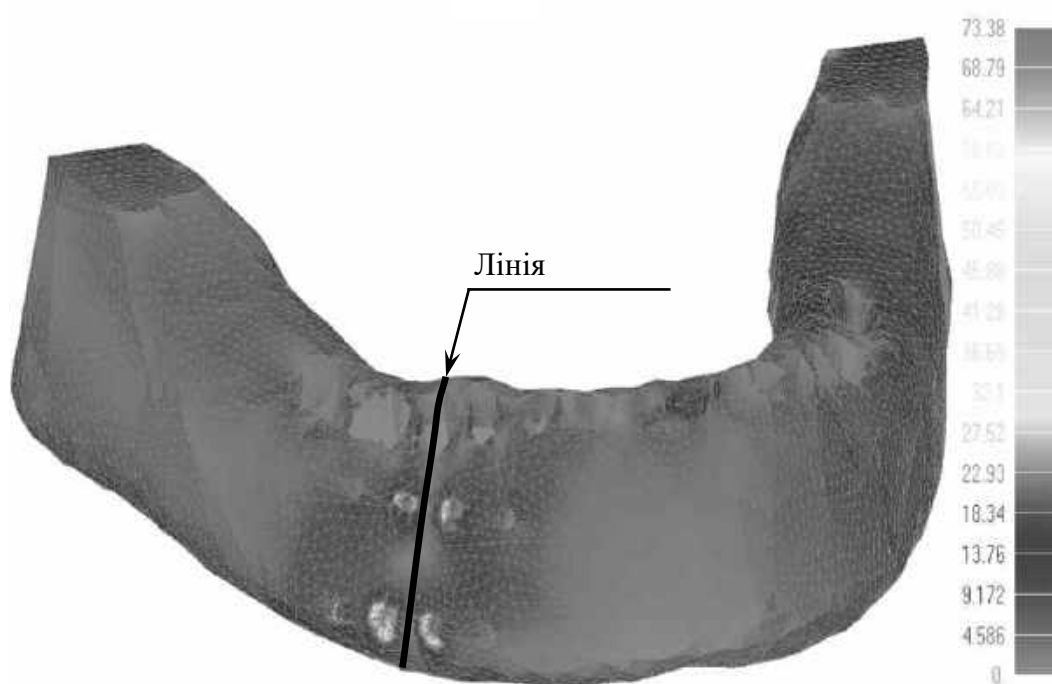


б)

Рис. 3.6. Поля розподілу еквівалентних напружень у кортикальному шарі щелепи при перетині лінією перелому лунки першого премоляру і завантаженні центрального різця та фіксацією перелому: а) однією мініпластиною; б) двома мініпластинами.



а)



б)

Рис. 3.7. Поля розподілу еквівалентних напружень у кортикальному шарі щелепи при перетині лінією перелому лунки другого премоляру і завантаженні центрального різця та фіксацією перелому: а) однією мініпластиною; б) двома мініпластинами.

При проходженні лінії перелому через лунку першого моляру мініпластина, яка розміщувалась на нижній третині нижньої щелепи фіксувалася чотирма гвинтами довжиною 3 мм і діаметром 2 мм. У випадку перетину лінією перелому лунки другого моляра мініпластина, яка розташовувалась в цій зоні фіксувалася двома гвинтами довжиною 5 мм та двома гвинтами довжиною 4 мм діаметром 2 мм. Мініпластина, яка знаходилася топографічно в цій зоні при перетині лінією перелому зачатку третього моляру фіксувалася двома гвинтами довжиною 5 мм та двома гвинтами довжиною 4 мм діаметром 2 мм.

Результати розрахунків максимальних значень еквівалентних напружень у зонах їх концентрацій в кортикальному шарі щелепи та фіксаторі для трьох варіантів фіксації переломів нижньої щелепи та локалізації харчової грудки над центральним різцем та першим моляром наведені у таблиці 3.7.

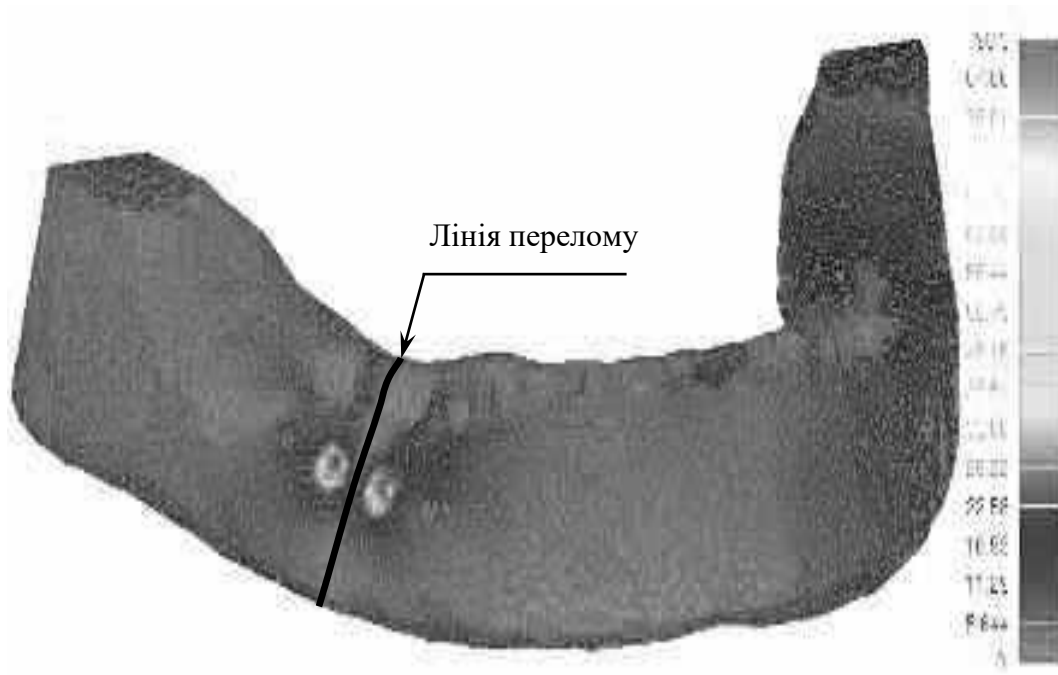
У випадку перетину лінією перелому лунки першого моляра максимальні значення еквівалентних напружень у кортикальному шарі щелепи при фіксації травматичного перелому двома мініпластинами на 22-65 % менші відповідних еквівалентних напружень у кортикальному шарі, які виникають при фіксації перелому однією пластиною з різною її локалізацією по висоті щелепи, а максимальні значення еквівалентних напружень у кортикальному шарі щелепи при фіксації травматичного перелому двома мініпластинами на 16-43 % менші відповідних еквівалентних напружень у кортикальному шарі, які виникають при фіксації перелому однією пластиною з різною її локалізацією по висоті щелепи (рис. 3.8)

Поля розподілу еквівалентних напружень у кортикальному шарі нижньої щелепи при перетині лінією перелому лунки першого моляру, лунки другого моляру та зачатку третього моляру відповідно подані на рис. 3.8., 3.9. та 3.10.

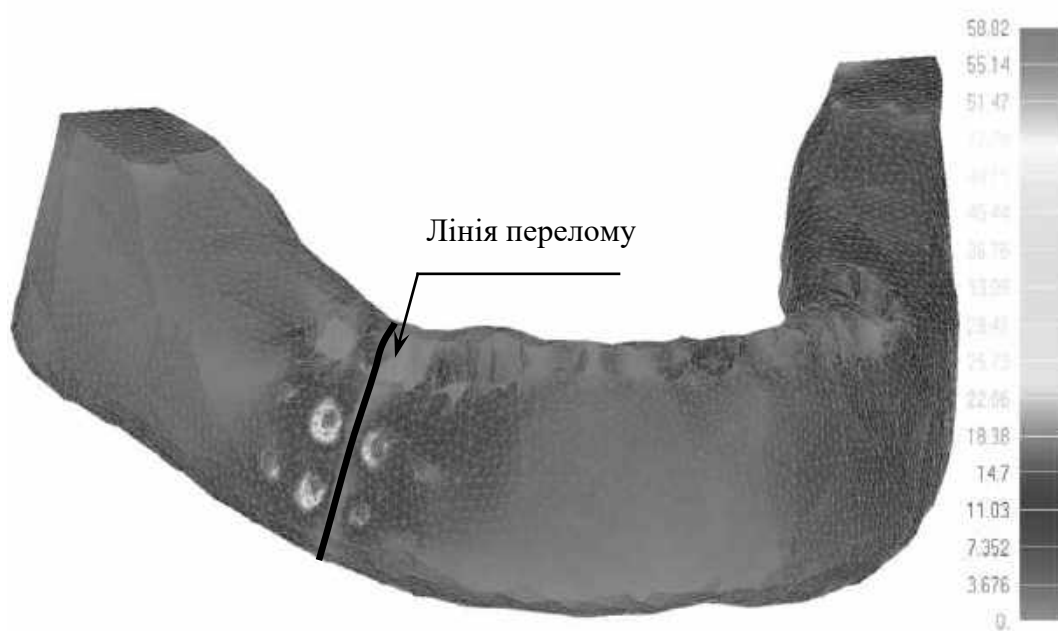
Таблиця 3.7

Максимальні значення еквівалентних напружень у кортикальному шарі нижньої щелепи та фіксаторі при перетині лінією перелому лунок першого, другого та зачатку третього молярів

| Локалізація лінії перелому | Варіанти фіксації уламків нижньої щелепи | Розрахункові значення і локалізація функціонального навантаження, Н | Максимальні еквівалентні напруження, МПа | | |
|---------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------|--------|
| | | | Кортикальний шар щелепи | Мініпластина | Гвинти |
| Перетинає лунку першого моляра | Мініпластина вище ментального отвору | $F_z = 70$, центральний різець | 90,30 | 151,2 | 360,5 |
| | | $F_z = 200$, $F_y = 20$, перший моляр | 108,1 | 213,3 | 459,4 |
| | Мініпластина нижче ментального отвору | $F_z = 70$, центральний різець | 125,3 | 161,9 | 379,9 |
| | | $F_z = 200$, $F_y = 20$, перший моляр | 131,1 | 203,1 | 523,7 |
| | Дві мініпластини | $F_z = 70$, центральний різець | 58,82 | 113,6 | 228,2 |
| | | $F_z = 200$, $F_y = 20$, перший моляр | 88,70 | 188,4 | 350,6 |
| Перетинає лунку другого моляра | Мініпластина на верхній третині нижньої щелепи | $F_z = 70$, центральний різець | 77,93 | 268,1 | 391,7 |
| | | $F_z = 200$, $F_y = 20$, перший моляр | 107,86 | 265 | 294,7 |
| | Мініпластина на нижній третині нижньої щелепи | $F_z = 70$, центральний різець | 90,42 | 140,4 | 329,9 |
| | | $F_z = 200$, $F_y = 20$, перший моляр | 102,1 | 281,3 | 405,6 |
| | Дві мініпластини | $F_z = 70$, центральний різець | 63,55 | 99,52 | 190,6 |
| | | $F_z = 200$, $F_y = 20$, перший моляр | 87,91 | 227,7 | 327 |
| Перетинає лунку третього моляра | Мініпластина на верхній третині нижньої щелепи | $F_z = 70$, центральний різець | 97,84 | 256,7 | 286,9 |
| | | $F_z = 200$, $F_y = 20$, перший моляр | 101,2 | 261,9 | 328,3 |
| | Мініпластина на нижній третині нижньої щелепи | $F_z = 70$, центральний різець | 101,7 | 189,7 | 320,7 |
| | | $F_z = 200$, $F_y = 20$, перший моляр | 123,7 | 296,5 | 430,3 |
| | Дві мініпластини | $F_z = 70$, центральний різець | 68,37 | 108,9 | 189,4 |
| | | $F_z = 200$, $F_y = 20$, перший моляр | 88,61 | 230,1 | 285,8 |



а)



б)

Рис. 3.8. Поля розподілу еквівалентних напружень у кортикальному шарі щелепи при перетині лінією перелому лунки першого моляру і завантаженні центрального різця та фіксацією перелому: а) однією мініпластиною; б) двома мініпластинами.

Фіксація перелому, який перетинає лунку другого премоляру двома мініпластинами призводить до зменшення на 15-43 % значень еквівалентних напружень у кортикальному шарі щелепи у порівнянні з фіксації перелому однією пластиною з різним її розміщенням по висоті щелепи.

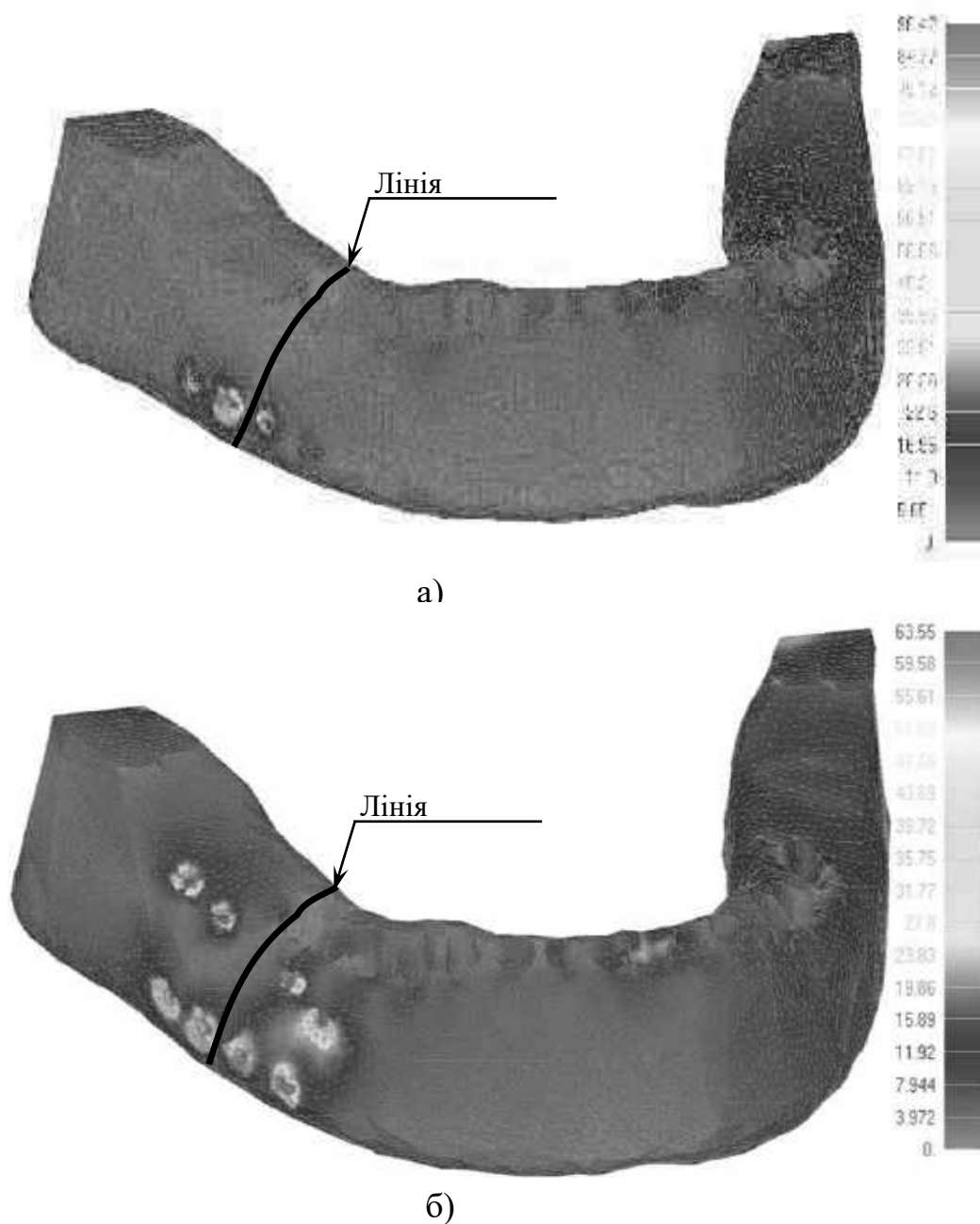
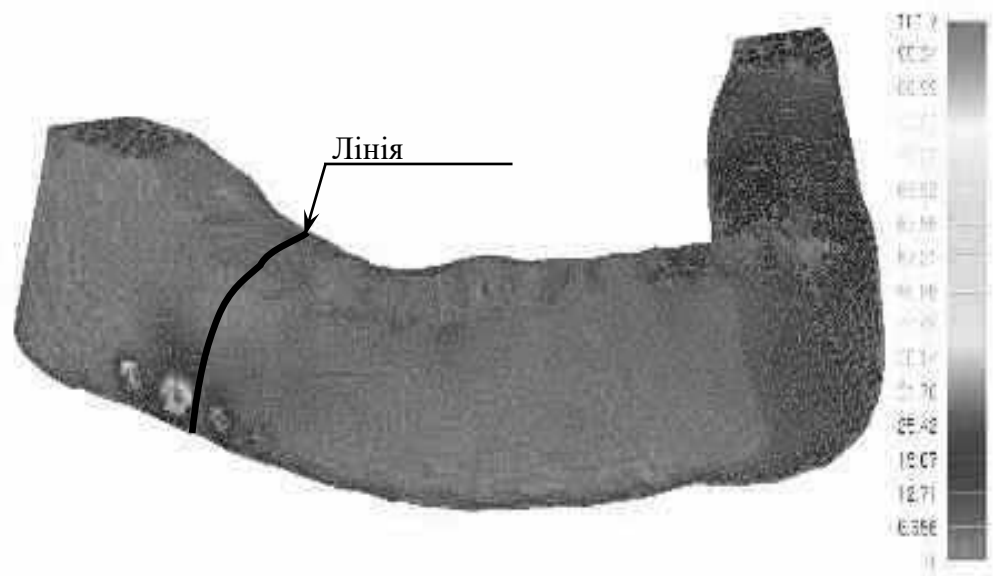
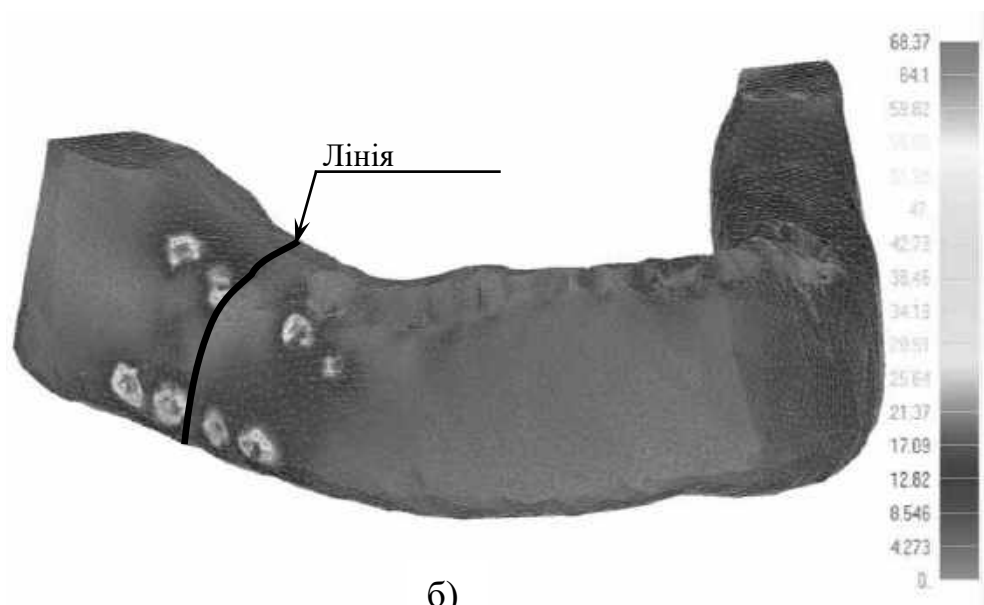


Рис. 3.9. Поля розподілу еквівалентних напружень у кортикальному шарі щелепи при перетині лінією перелому лунки другого моляру і завантаженні центрального різця та фіксацією перелому: а) однією мініпластиною; б) двома мініпластинами.

Аналізуючи результати розрахунків наведених даних слід зауважити, що максимальні значення еквівалентних напружень у кортикальному шарі нижньої щелепи при фіксації перелому однією мініпластиною гвинтами довжиною 5 мм і діаметром 2 мм на 21-39 % менші аналогічних значень еквівалентних напружень, що виникають при фіксації перелому однією мініпластиною гвинтами довжиною 3 мм і діаметром 2 мм.



а)



б)

Рис. 3.10. Поля розподілу еквівалентних напружень у кортикальному шарі щелепи при перетині лінією перелому лунки другого премоляру і завантаженні центрального різця та фіксацією перелому: а) однією мініпластиною; б) двома мініпластинами.

Таке суттєве збільшення значень еквівалентних напружень у кортикальному шарі нижньої щелепи при використанні гвинтів довжиною 3 мм обумовлене незначною глибиною занурення гвинта у тіло щелепи. Враховуючи те, що частина тіла гвинта знаходиться над поверхнею кістки щелепи (при використанні мініпластини товщиною 1 мм саме така частина гвинта залишається над поверхнею кістки) можлива глибина занурювання гвинта у кістку щелепи складає 2 мм, або навіть менше. Така глибина занурювання гвинта є нераціональною, так як, по-перше, вона менша або дорівнює діаметру гвинта, що викликає суттєве збільшення значень еквівалентних напружень у кортикальному шарі, а, по-друге, у деяких випадках, довжина зануреної частина гвинта менша навіть за товщину кортикального шару кістки нижньої щелепи. Застосування гвинтів діаметром 2 мм і довжиною меншою 3 мм видається недоцільним, так як це призведе до збільшення значень еквівалентних напружень у кортикальному шарі нижньої щелепи у порівнянні з використанням гвинтів довжиною 5 мм більше ніж на 40%.

Використання гвинтів довжиною більшою за 5 мм є також мало виправданим, так як це призводить до зовсім незначного зменшення значень еквівалентних напружень у кортикальному шарі кістки щелепи, так як занурення гвинта у тіло кістки більше ніж на 4 мм (а саме таке занурення буде при встановленні мініпластини товщиною 1 мм) відбувається у спонгіозний шар, міцність і жорсткість якого значно поступаються кортикальному шару кістки щелепи.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Одними із основних факторів, які впливають на локалізацію переломів в межах зубного ряду, є наявність лунок зубів та зачатків постійних зубів, їх топографія, які суттєво зменшують площу кісткової тканини у поперечних перерізах щелепи і через які, частіше за все, проходять лінії переломів.

2. Для надійної фіксації фрагментів нижньої щелепи з можливістю сприйняття функціональних навантажень, які виникають при пережовуванні їжі, можна рекомендувати фіксацію перелому двома мініпластинами.
3. Максимальні значення еквівалентних напружень у кортикальному шарі нижньої щелепи при фіксації перелому однією мініпластиною гвинтами довжиною 5 мм на 21-39 % менші аналогічних значень еквівалентних напружень, що виникають при фіксації перелому однією мініпластиною гвинтами довжиною 3 мм.
4. Доведено, що застосування гвинтів діаметром 2 мм і довжиною меншою 3 мм є недоцільним, так як призводить до збільшення значень еквівалентних напружень у кортикальному шарі нижньої щелепи у порівнянні з використанням гвинтів довжиною 5 мм більше ніж на 40%.
5. Встановлення гвинтів довжиною меншою за 2 мм при фіксації мініпластин навіть товщиною 0,6-0,8 мм є абсолютно недоцільним, так як глибина занурення гвинтів у кортикальний шар кістки при цьому складає 1,2-1,4 мм, що є недостатнім для надійної фіксації переломів.
6. Використання гвинтів довжиною більшою за 5 мм, з біомеханічної точки зору, є мало виправданим, так як призводить до зовсім незначного зменшення значень еквівалентних напружень у кортикальному шарі кістки щелепи.

Аналіз та порівняння отриманих результатів дослідження, що висвітлені в даному розділі

Переломи нижньої щелепи у дітей вимагають особливого підходу до лікування через активний ріст і розвиток щелепно-лицевої системи. Неточна фіксація може призводити до серйозних функціональних та естетичних ускладнень у майбутньому.

Тому для розробки нових підходів до МОС, що базуються на визначенні безпечних точок для фіксації мініпластин, із урахуванням анатомічних і ростових особливостей дітей різного віку, нами було проведено дослідження напружено-деформованого стану фіксуючих пластин,

гвинтів, що їх утримують та безпосередньо твердих тканин зубощелепного ряду у зоні локалізації травматичного перелому нижньої щелепи з використанням скінченно-елементного аналізу, перспективність якого під час розв'язання різноманітних біомеханічних задач у сучасній стоматології останнім часом знаходить дедалі ширше підтвердження в роботах як зарубіжних, так і вітчизняних авторів [14, 160,].

Анатомічні чинники локалізації переломів. Одним із провідних чинників, що визначає топографію ліній перелому нижньої щелепи у дітей, є наявність лунок тимчасових і зачатків постійних зубів. Їх просторове розміщення обумовлює зменшення площі кісткової тканини у поперечному перерізі, що створює потенційно слабкі зони. Ці спостереження узгоджуються з роботами [Boffano et al., 2015] та [Chrcanovic et al., 2014], однак наше дослідження вперше систематизує ці дані саме в контексті дитячої популяції із прив'язкою до вікових груп.

Рекомендація щодо кількості мініпластин. Біомеханічне моделювання довело перевагу фіксації фрагментів двома мініпластинами над одною, що дозволяє рівномірно розподіляти функціональне навантаження під час жування. Цей підхід забезпечує кращу стабілізацію, ніж рекомендована у дослідженнях [Kumar et al., 2012] одноточкова фіксація, яка продемонструвала вищі рівні напружень у кортикальному шарі.

Довжина гвинтів – ключовий фактор стабільності. Порівняльний аналіз показав, що використання гвинтів довжиною 5 мм значно знижує рівень еквівалентних напружень (на 21–39 %) порівняно з гвинтами довжиною 3 мм. Ці дані суттєво доповнюють та конкретизують висновки [Kobayashi et al., 2010], які не розглядали діапазон 3–5 мм у дитячій хірургічній стоматології.

Недоцільність коротких гвинтів. Використання гвинтів діаметром 2 мм, довжиною менше 3 мм, призводить до підвищення напруження у зоні фіксації більше ніж на 40 %. На відміну від дослідження [Erpley et al., 2006], де припустимою вважалась фіксація короткими гвинтами у дітей, наше

дослідження з застосуванням скінченно-елементного аналізу довело їхню функціональну недоцільність.

Ненадійність фіксації при довжині гвинтів <2 мм. Зафіксовано, що глибина занурення гвинтів довжиною менш як 2 мм складає лише 1,2–1,4 мм, що критично недостатньо для забезпечення стабільності, навіть при використанні тонких мініпластин (0,6–0,8 мм). Подібні рекомендації відсутні в сучасній літературі, що свідчить про новизну й практичну цінність наших висновків.

Невиправданість гвинтів довших за 5 мм. Подальше збільшення довжини гвинтів не спричиняє суттєвого зниження напружень, але підвищує ризик ушкодження анатомічно важливих структур (фолікули постійних зубів, судинно-нервові пучки). Цей висновок дозволяє оптимізувати вибір гвинтів і протиставляється узагальненим рекомендаціям [Gosain et al., 2008], які не враховують анатомічну варіативність дитячої щелепи.

Аналіз та порівняння результатів дослідження, поданих у цьому розділі, підтверджують наукову та практичну значущість запропонованих підходів до МОС при переломах нижньої щелепи у дітей. Враховуючи анатомо-фізіологічні особливості росту дитячого організму, обґрунтовано необхідність персоніфікованого підходу до вибору точок фіксації мініпластин, зокрема з урахуванням розміщення фолікулів постійних зубів та зон росту.

Проведене комп'ютерне моделювання із застосуванням методу скінченних елементів дозволило кількісно оцінити напружено-деформований стан у різних варіантах фіксації та встановити оптимальні параметри конструктивних елементів. Зокрема, довжина гвинтів у межах 5 мм виявилася найбільш ефективною з точки зору біомеханічної стабільності та безпечності, тоді як гвинти меншої довжини (2–3 мм) значно збільшували ризик перевантаження кісткової тканини. Одночасно було встановлено, що подальше збільшення довжини гвинтів понад 5 мм не має переваг, але пов'язане з ризиком пошкодження критичних анатомічних структур.

Порівняння з результатами інших авторів засвідчило, що запропоновані у цьому дослідженні рекомендації мають вищу ступінь обґрунтованості завдяки комплексному підходу, що поєднує анатомічний аналіз, біомеханічне моделювання та статистичну валідацію. Вперше було систематизовано анатомічні чинники локалізації переломів у дітей з диференціацією за віковими групами, а також доведено перевагу двоточкової фіксації мініпластинами.

Таким чином, результати дослідження поглиблюють сучасні уявлення про біомеханіку дитячої нижньої щелепи, формують основу для вдосконалення хірургічних протоколів МОС та можуть бути використані у клінічній практиці для підвищення ефективності лікування травм щелепно-лицевої ділянки у дітей.

РОЗДІЛ 4

АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМОЇ ГЛИБИНИ ЗАНУРЕННЯ ГВИНТІВ У КІСТКОВУ ТКАНИНУ ПРИ ПЕРЕЛОМАХ НИЖНЬОЇ ЩЕЛЕПИ У ДІТЕЙ ТА ОБГРУНТУВАННЯ АЛГОРИТМУ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ ФІКСАЦІЇ МІНІПЛАСТИН ЗА ДОПОМОГОЮ РОЗРОБЛЕНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ

4.1. Визначення “безпечних” зон для занурення гвинтів у кісткову тканину при фіксації мініпластин у дітей з переломом нижньої щелепи в різних вікових групах

Для вибору оптимальної глибини занурення гвинтів у кісткову тканину нижньої щелепи для фіксації мініпластин у дітей різних вікових груп був застосований емпіричний пороговий метод аналізу даних із врахуванням меж 95% довірчого інтервалу (ДІ) відносної величини який розраховувався за методом Клоппера-Пірсона [213, 214]. Це необхідно, оскільки аналіз верхньої межі ДІ дозволяє оцінити найгірший можливий сценарій, враховуючи варіативність даних. Такий підхід гарантує, що обрана глибина буде безпечною навіть за умов найбільш несприятливих відхилень у реальній клінічній практиці [215, 216].

За максимально допустиму частку ускладнень було вирішено прийняти 0%, але враховуючи розміри досліджуваних груп (50 осіб в групі 1-5 років та 100 осіб в групах 6-12 і 13-17 років) навіть при повній відсутності ускладнень у досліджуваній вибірці значення верхньої межі 95% ДІ за методом Клоппера-Пірсона становлять 7,11% та 3,62% відповідно, що і було обрано за мінімально можливі рівні ускладнень для даного дослідження.

Проаналізовані ризики ускладнень при заглибленні мінігвинтів у кістку на 2 мм, 2,5 мм, 3 мм, 3,5 мм та 4 мм відповідно. За даними проведеного біомеханічного дослідження, описаного в третьому розділі, заглиблення гвинтів у кістку менше 2 мм при фіксації мініпластин при переломах нижньої щелепи у дітей недостатньо для надійної фіксації.

Обґрунтування "безпечних зон" для вікової групи 1-5 років.

"Безпечна" зона № 1.

Мінімальне та максимальне значення вимірюваної відстані в "безпечній" зоні № 1 становить 7,6 мм та 16 мм відповідно. Медіана дорівнює 13 мм, а центральні 50% значень знаходяться в межах від 11,1 мм до 14,97 мм (рис. 4.1).

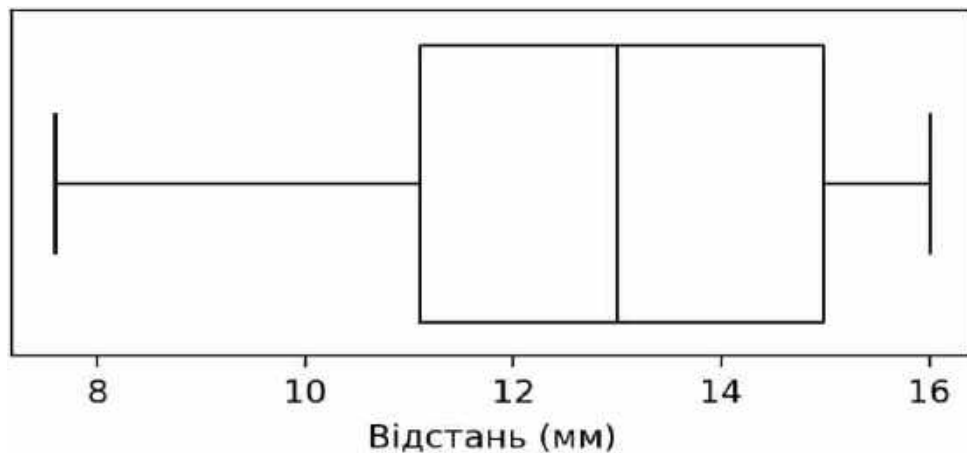


Рис. 4.1. Розподіл відстаней для "безпечної" зони № 1 для вікової групи 1-5 років

При фіксації гвинта в ділянці симфізу нижньої щелепи з вестибулярної поверхні апікальніше зачатків перших постійних різців у дітей вікової групи 1-5 років відсутній ризик травмування нижньощелепного каналу або зачатків постійних зубів. Відповідно мінімальне значення від нижнього краю нижньої щелепи до зачатків перших постійних різців становить 7,6мм.

"Безпечна" зона № 2.

Мінімальне та максимальне значення вимірюваної відстані в "безпечній" зоні № 2 становить 7,3 мм та 15 мм відповідно. Медіана дорівнює 11,4 мм, а центральні 50% значень знаходяться в межах від 9,1 мм до 13,35 мм (рис. 4.2).

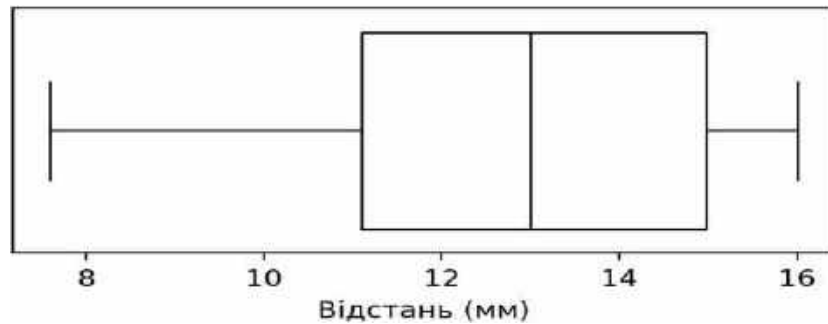


Рис. 4.2. Розподіл відстаней для "безпечної" зони № 2 для вікової групи 1-5 років

При фіксації гвинта в ділянці симфізу нижньої щелепи з вестибулярної поверхні апікальніше зачатків других постійних різців у дітей вікової групи 1-5 років відсутній ризик травмування нижньощелепного каналу або зачатків постійних зубів. Відповідно мінімальне значення від нижнього краю нижньої щелепи до зачатків других постійних різців становить 7,3 мм.

"Безпечна" зона № 3.

Мінімальне та максимальне значення вимірюваної відстані в "безпечній" зоні № 3 становить 3,7 мм та 7 мм відповідно. Медіана дорівнює 4,45 мм, а центральні 50% значень знаходяться в межах від 4,1 мм до 5,1 мм (рис. 4.3).

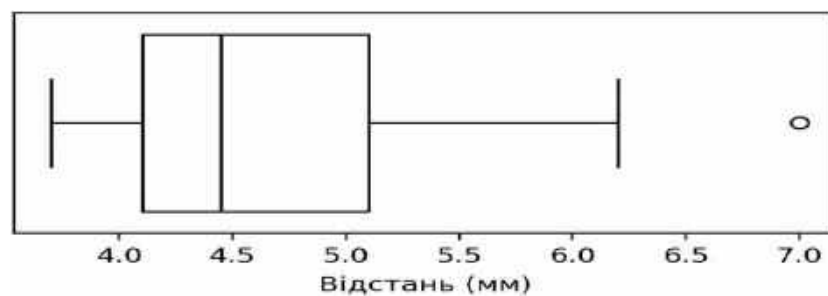


Рис. 4.3. Розподіл відстаней для "безпечної" зони № 3 для вікової групи 1-5 років

При фіксації гвинта в ділянці нижньої третини тіла нижньої щелепи з вестибулярної поверхні апікальніше ментального отвору на рівні зачатку першого премоляра у дітей вікової групи 1-5 років відсутній ризик травмування нижньощелепного каналу або зачатків постійних зубів. Відповідно мінімальне значення від нижнього краю нижньої щелепи до нижньощелепного каналу на рівні першого премоляра становить 3,7 мм.

"Безпечна" зона № 4.

Мінімальне та максимальне значення вимірюваної відстані в "безпечній" зоні № 4 становить 2,8 мм та 5,3 мм відповідно. Медіана дорівнює 4,25 мм, а центральні 50% значень знаходяться в межах від 3,7 мм до 4,6 мм (рис.4.4).

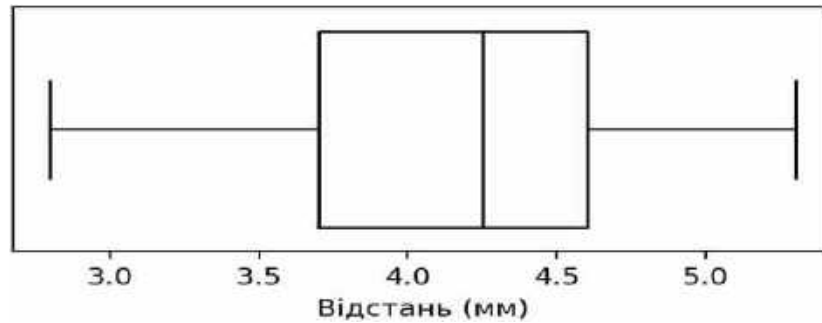


Рис. 4.4. Розподіл відстаней для "безпечної" зони № 4 для вікової групи 1-5 років

Враховуючи, що верхня межа 95% ДІ частки ускладнень перевищує допустимий рівень ускладнень починаючи з глибини занурення гвинта яка дорівнює 3,0 мм, максимально допустимою глибиною занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 4 для вікової групи 1-5 років встановлено на позначці 2,5 мм (табл. 4.1 та рис. 4.5).

Таблиця 4.1

Рівні ускладнень в залежності від глибини занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 4 для вікової групи 1-5 років

| Глибина занурення гвинта у кістку (мм) | Абсолютна кількість ускладнень | Частка ускладнень (%) | Нижня межа 95% ДІ для частки ускладнень (%) | Верхня межа 95% ДІ для частки ускладнень (%) |
|----------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 2,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 7,11 |
| 2,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 7,11 |
| 3,0 | 1,0 | 2,0 | 0,05 | 10,65 |
| 3,5 | 10,0 | 20,0 | 10,03 | 33,72 |
| 4,0 | 19,0 | 38,0 | 24,65 | 52,83 |

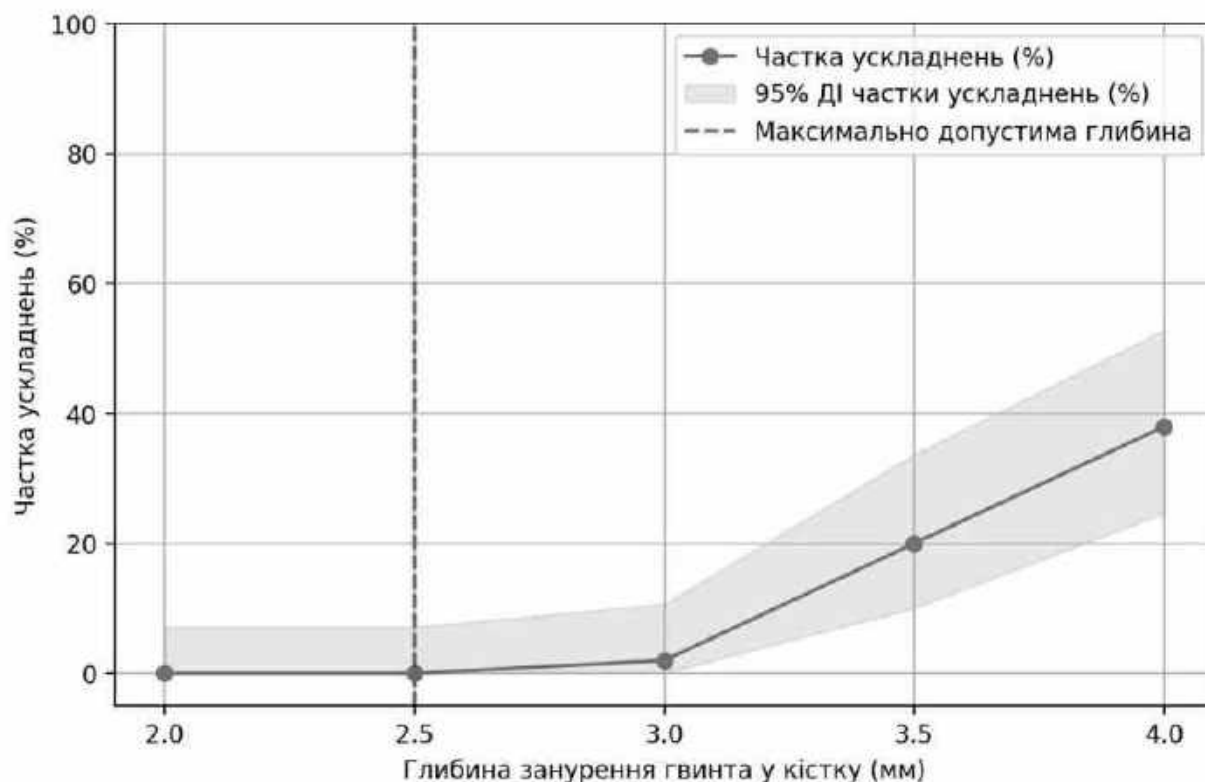


Рис. 4.5. Графік частки ускладнень в залежності від глибини занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 4 для вікової групи 1-5 років

"Безпечна" зона № 5.

Мінімальне та максимальне значення вимірюваної відстані в "безпечній" зоні № 5 становить 3 мм та 6,2 мм відповідно. Медіана дорівнює 4,6 мм, а центральні 50% значень знаходяться в межах від 4,03 мм до 4,97 мм (рис. 4.6).

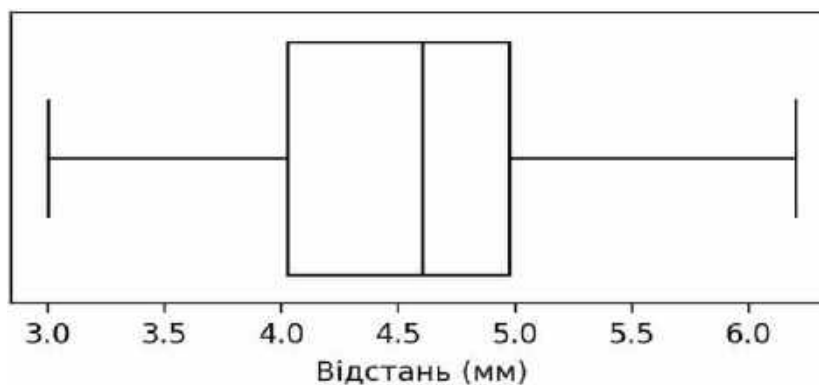


Рис. 4.6. Розподіл відстаней для "безпечної" зони № 5 для вікової групи 1-5 років

Враховуючи, що верхня межа 95% ДІ частки ускладнень перевищує допустимий рівень ускладнень починаючи з глибини занурення гвинта яка дорівнює 3,0 мм, максимально допустимою глибиною занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 5 для вікової групи 1-5 років встановлено на позначці 2,5 мм (табл. 4.2 та рис.4.7).

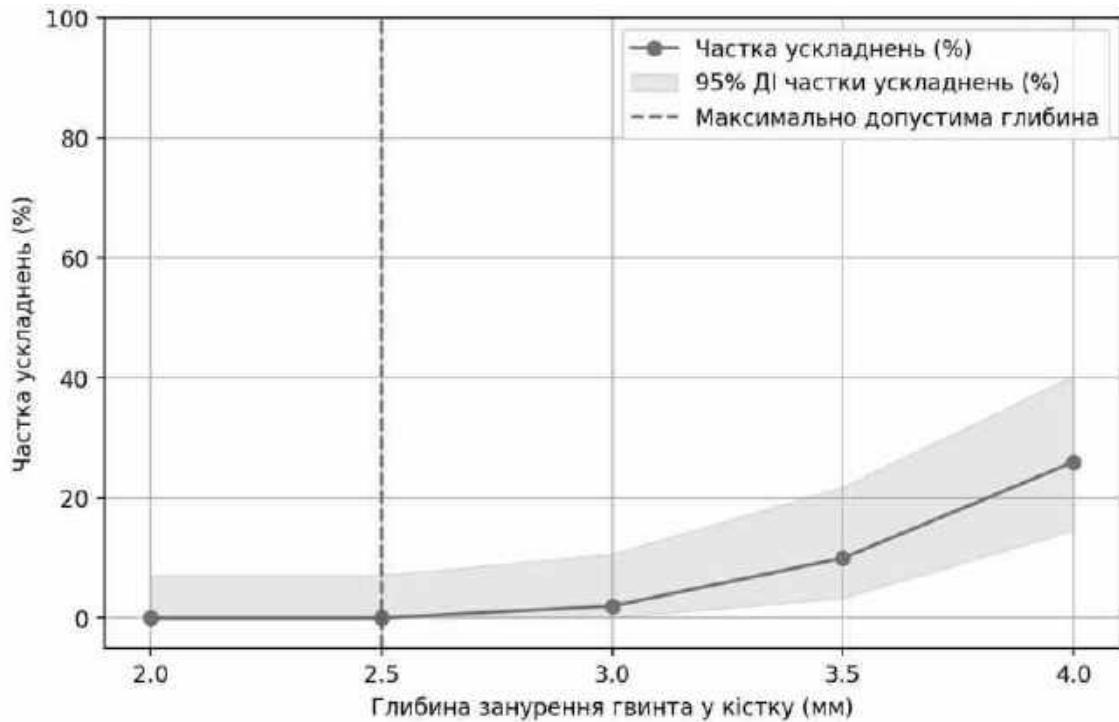


Рис. 4.7. Графік частки ускладнень в залежності від глибини занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 5 для вікової групи 1-5 років.

Таблиця 4.2

Рівні ускладнень в залежності від глибини занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 5 для вікової групи 1-5 років

| Глибина занурення гвинта у кістку (мм) | Абсолютна кількість ускладнень | Частка ускладнень (%) | Нижня межа 95% ДІ для частки ускладнень (%) | Верхня межа 95% ДІ для частки ускладнень (%) |
|----------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 2,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 7,11 |
| 2,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 7,11 |
| 3,0 | 1,0 | 2,0 | 0,05 | 10,65 |
| 3,5 | 5,0 | 10,0 | 3,33 | 21,81 |
| 4,0 | 13,0 | 26,0 | 14,63 | 40,34 |

"Безпечна" зона № 6.

Мінімальне та максимальне значення вимірюваної відстані в "безпечній" зоні № 6 становить 2,4 мм та 5,8 мм відповідно. Медіана дорівнює 3,2 мм, а центральні 50% значень знаходяться в межах від 2,92 мм до 3,48 мм (рис. 4.8).

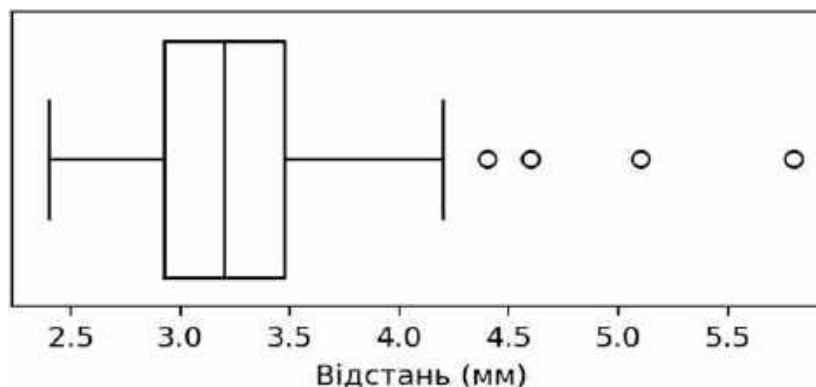


Рис. 4.8. Розподіл відстаней для "безпечної" зони № 6 для вікової групи 1-5 років

Враховуючи, що верхня межа 95% ДІ частки ускладнень перевищує допустимий рівень ускладнень починаючи з глибини занурення гвинта яка дорівнює 2,5 мм, максимально допустимою глибиною занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 6 для вікової групи 1-5 років встановлено на позначці 2,0 мм (табл. 4.3 та рис. 4.9).

Таблиця 4.3

Рівні ускладнень в залежності від глибини занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 6 для вікової групи 1-5 років

| Глибина занурення гвинта у кістку (мм) | Абсолютна кількість ускладнень | Частка ускладнень (%) | Нижня межа 95% ДІ для частки ускладнень (%) | Верхня межа 95% ДІ для частки ускладнень (%) |
|----------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 2,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 7,11 |
| 2,5 | 2,0 | 4,0 | 0,49 | 13,71 |
| 3,0 | 20,0 | 40,0 | 26,41 | 54,82 |
| 3,5 | 38,0 | 76,0 | 61,83 | 86,94 |
| 4,0 | 45,0 | 90,0 | 78,19 | 96,67 |

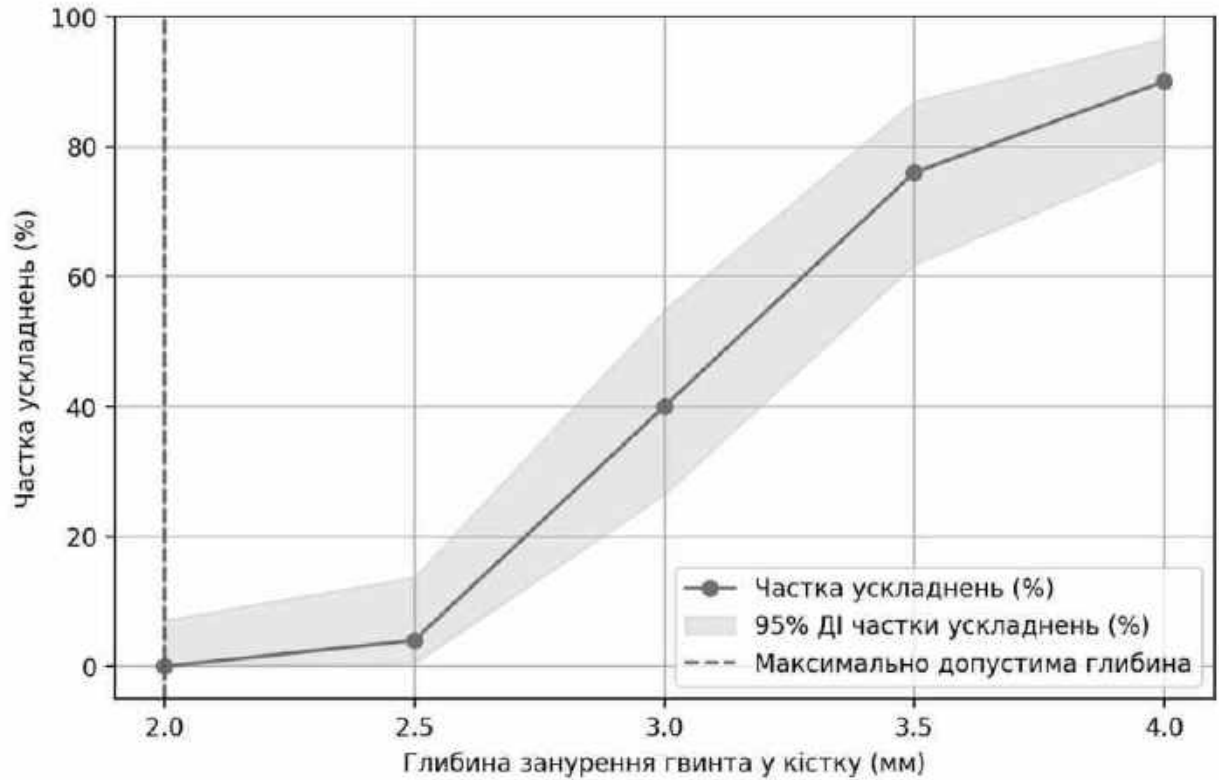


Рис. 4.9. Графік частки ускладнень в залежності від глибини занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 6 для вікової групи 1-5 років

"Безпечна" зона № 7.

Мінімальне та максимальне значення вимірюваної відстані в "безпечній" зоні № 7 становить 6,6 мм та 10,1 мм відповідно. Медіана дорівнює 7,9 мм, а центральні 50% значень знаходяться в межах від 7,2 мм до 8,97 мм (рис. 4.10).

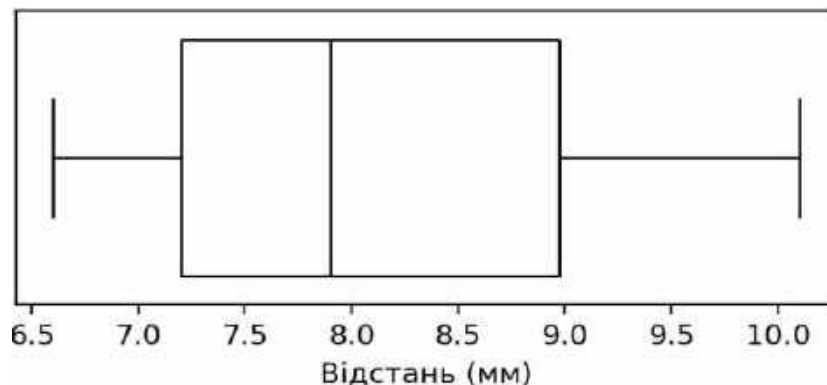


Рис. 4.10. Розподіл відстаней для "безпечної" зони № 7 для вікової групи 1-5 років

При фіксації гвинта в ділянці апікальніше нижньощелепного каналу в ділянці кута нижньої щелепи у дітей вікової групи 0-6 років відсутній ризик травмування нижньощелепного каналу або зачатків постійних зубів. Відповідно мінімальне значення від нижнього краю нижньої щелепи нижньощелепного каналу в ділянці кута нижньої щелепи становить 6,6мм.

Обґрунтування “безпечних зон” для вікової групи 6-12 років.

“Безпечна” зона № 1.

Мінімальне та максимальне значення вимірюваної відстані в "безпечній" зоні № 1 становить 9 мм та 16,4 мм відповідно. Медіана дорівнює 13 мм, а центральні 50% значень знаходяться в межах від 10,88 мм до 14,05 мм (рис. 4.11).



Рис. 4.11. Розподіл відстаней для "безпечної" зони № 1 для вікової групи 6-12 років

При фіксації гвинта в ділянці симфізу нижньої щелепи з вестибулярної поверхні апікальніше перших постійних різців у дітей вікової групи 6-12 років відсутній ризик травмування нижньощелепного каналу або зачатків постійних зубів. Відповідно мінімальне значення від нижнього краю нижньої щелепи до верхівок перших постійних різців становить 9 мм.

“Безпечна” зона № 2.

Мінімальне та максимальне значення вимірюваної відстані в "безпечній" зоні № 2 становить 4,6 мм та 16,2 мм відповідно. Медіана дорівнює 11,25 мм, а центральні 50% значень знаходяться в межах від 9,07 мм до 13,2 мм (рис. 4.12).

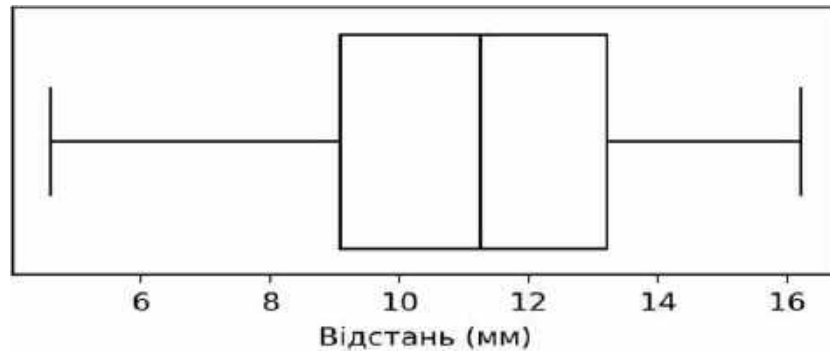


Рис. 4.12. Розподіл відстаней для "безпечної" зони № 2 для вікової групи 6-12 років

При фіксації гвинта в ділянці симфізу нижньої щелепи з вестибулярної поверхні апікальніше других постійних різців у дітей вікової групи 6-12 років відсутній ризик травмування нижньощелепного каналу або зачатків постійних зубів. Відповідно мінімальне значення від нижнього краю нижньої щелепи до верхівок других постійних різців становить 4,6 мм.

"Безпечна" зона № 3.

Мінімальне та максимальне значення вимірюваної відстані в "безпечній" зоні № 3 становить 4,2 мм та 8 мм відповідно. Медіана дорівнює 6,4 мм, а центральні 50% значень знаходяться в межах від 5,8 мм до 6,8 мм (рис. 4.13).

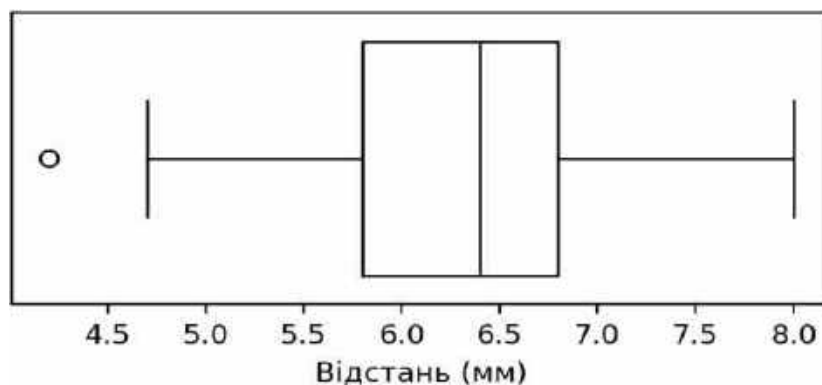


Рис. 4.13. Розподіл відстаней для "безпечної" зони № 3 для вікової групи 6-12 років

При фіксації гвинта в ділянці нижньої третини тіла нижньої щелепи з вестибулярної поверхні апікальніше ментального отвору на рівні зачатку першого премоляра у дітей вікової групи 6-12 років відсутній ризик травмування нижньощелепного каналу або зачатків постійних зубів.

Відповідно мінімальне значення від нижнього краю нижньої щелепи до нижньощелепного каналу на рівні першого премоляра становить 4,2 мм.

"Безпечна" зона № 4.

Мінімальне та максимальне значення вимірюваної відстані в "безпечній" зоні № 4 становить 3,3 мм та 7,2 мм відповідно. Медіана дорівнює 5,2 мм, а центральні 50% значень знаходяться в межах від 4,9 мм до 6 мм (рис. 4.14).

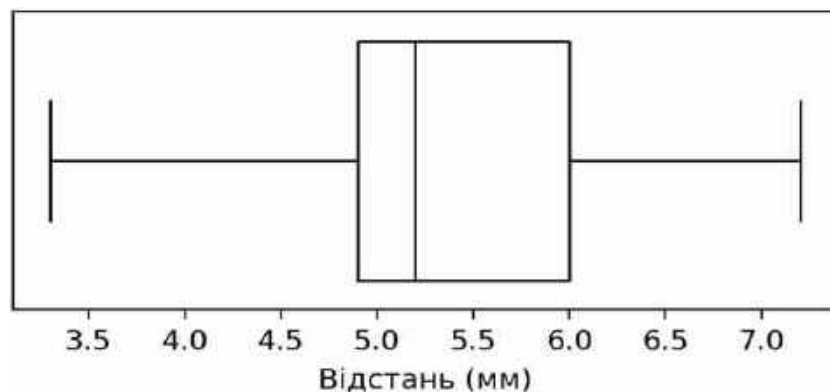


Рис. 4.14. Розподіл відстаней для "безпечної" зони № 4 для вікової групи 6-12 років

Враховуючи, що верхня межа 95% ДІ частки ускладнень перевищує допустимий рівень ускладнень починаючи з глибини занурення гвинта яка дорівнює 3,5 мм, максимально допустимою глибиною занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 4 для вікової групи 6-12 років встановлено на позначці 3,0 мм (табл. 4.4 та рис. 4.15).

Таблиця 4.4

Рівні ускладнень в залежності від глибини занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 4 для вікової групи 6-12 років

| Глибина занурення гвинта у кістку (мм) | Абсолютна кількість ускладнень | Частка ускладнень (%) | Нижня межа 95% ДІ для частки ускладнень (%) | Верхня межа 95% ДІ для частки ускладнень (%) |
|----------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 2,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 2,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 3,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 3,5 | 1,0 | 1,0 | 0,03 | 5,45 |
| 4,0 | 2,0 | 2,0 | 0,24 | 7,04 |

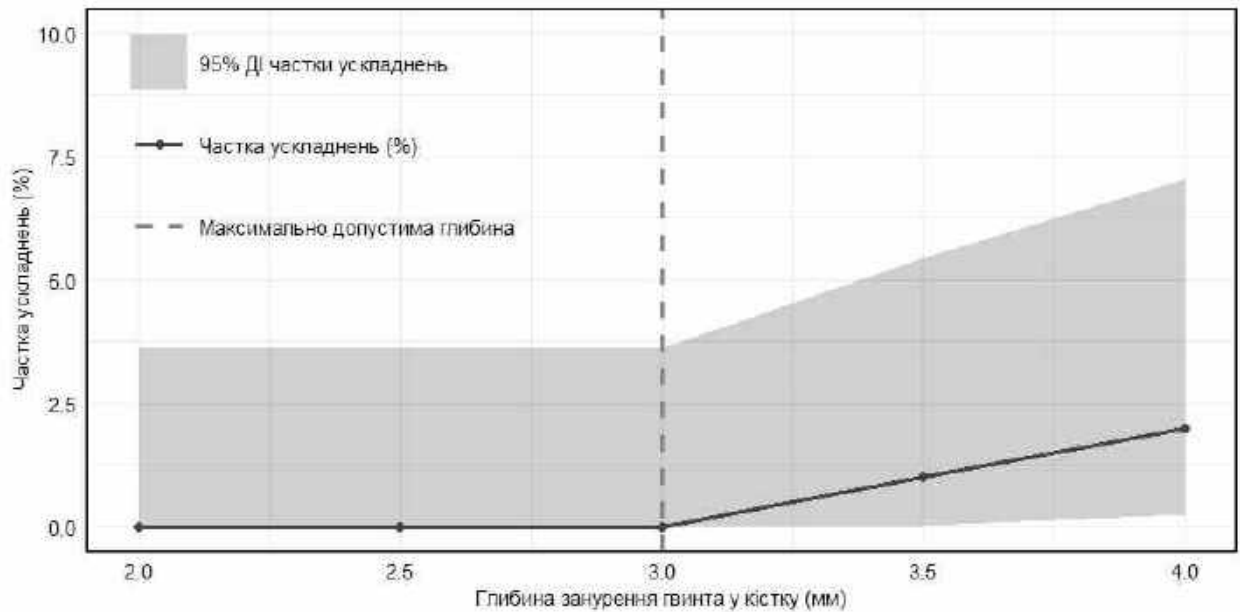


Рис. 4.15. Графік частки ускладнень в залежності від глибини занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 4 для вікової групи 6-12 років

"Безпечна" зона № 5

Мінімальне та максимальне значення вимірюваної відстані в "безпечній" зоні № 5 становить 3,22 мм та 7,3 мм відповідно. Медіана дорівнює 5,35 мм, а центральні 50% значень знаходяться в межах від 5 мм до 6 мм (рис. 4.16).

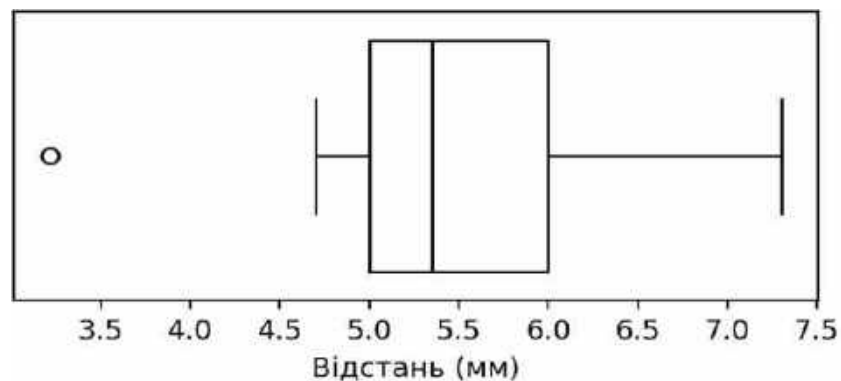


Рис. 4.16. Розподіл відстаней для "безпечної" зони № 5 для вікової групи 6-12 років

Враховуючи, що верхня межа 95% ДІ частки ускладнень перевищує допустимий рівень ускладнень починаючи з глибини занурення гвинта яка дорівнює 3,5 мм, максимально допустимою глибиною занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 5 для вікової групи 6-12 років встановлено на позначці 3,0 мм (табл. 4.5 та рис. 4.17).

Таблиця 4.5

Рівні ускладнень в залежності від глибини занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 5 для вікової групи 6-12 років

| Глибина занурення гвинта у кістку (мм) | Абсолютна кількість ускладнень | Частка ускладнень (%) | Нижня межа 95% ДІ для частки ускладнень (%) | Верхня межа 95% ДІ для частки ускладнень (%) |
|----------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 2,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 2,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 3,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 3,5 | 1,0 | 1,0 | 0,03 | 5,45 |
| 4,0 | 1,0 | 1,0 | 0,03 | 5,45 |

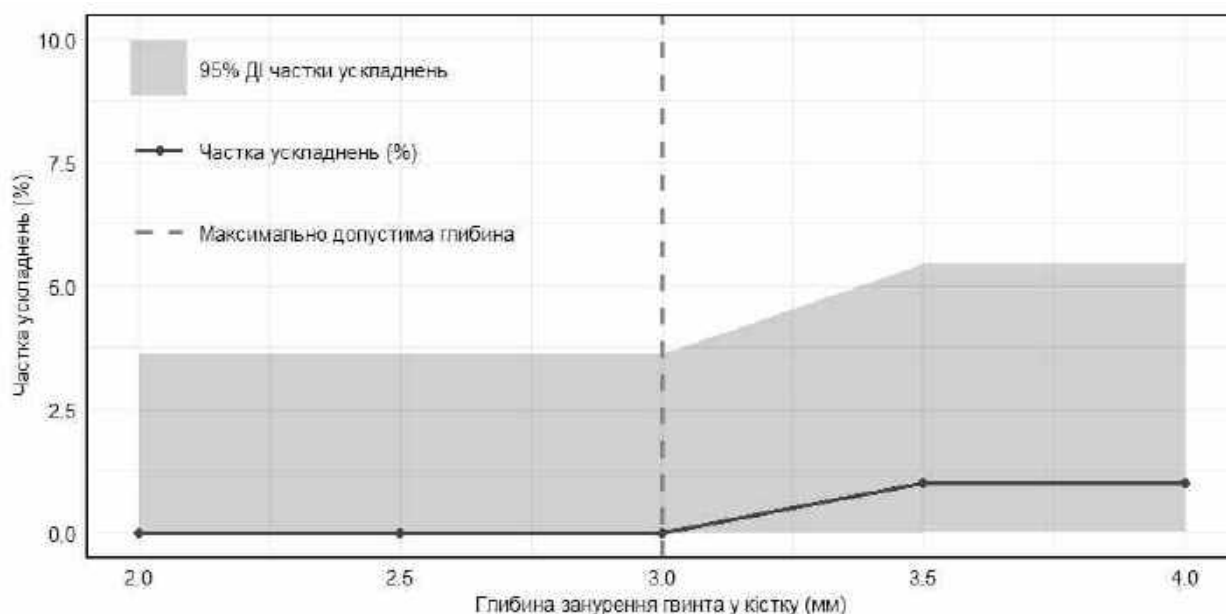


Рис. 4.17. Графік частки ускладнень в залежності від глибини занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 5 для вікової групи 6-12 років

"Безпечна" зона № 6.

Мінімальне та максимальне значення вимірюваної відстані в "безпечній" зоні № 6 становить 4 мм та 7,2 мм відповідно. Медіана дорівнює 5,4 мм, а центральні 50% значень знаходяться в межах від 4,9 мм до 6,1 мм (рис. 4.18).

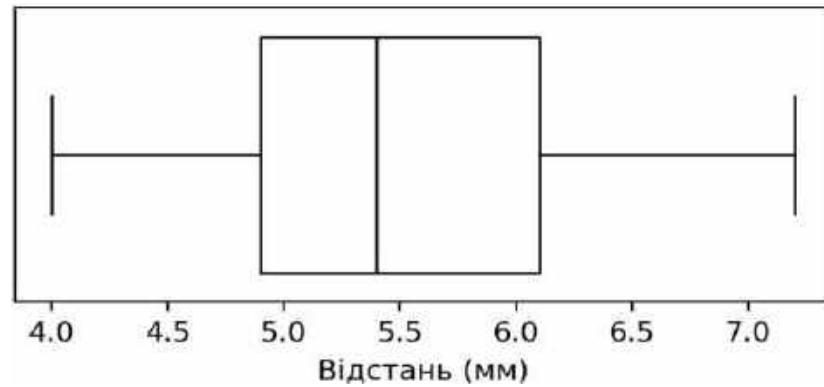


Рис. 4.18. Розподіл відстаней для "безпечної" зони № 6 для вікової групи 6-12 років

Враховуючи, що верхня межа 95% ДІ частки ускладнень перевищує допустимий рівень ускладнень починаючи з глибини занурення гвинта яка дорівнює 4,0 мм, максимально допустимою глибиною занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 6 для вікової групи 6-12 років встановлено на позначці 3,5 мм (табл. 4.6 та рис. 4.19).

Таблиця 4.6

Рівні ускладнень в залежності від глибини занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 6 для вікової групи 6-12 років

| Глибина занурення гвинта у кістку (мм) | Абсолютна кількість ускладнень | Частка ускладнень (%) | Нижня межа 95% ДІ для частки ускладнень (%) | Верхня межа 95% ДІ для частки ускладнень (%) |
|----------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 2,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 2,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 3,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 3,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 4,0 | 1,0 | 1,0 | 0,03 | 5,45 |

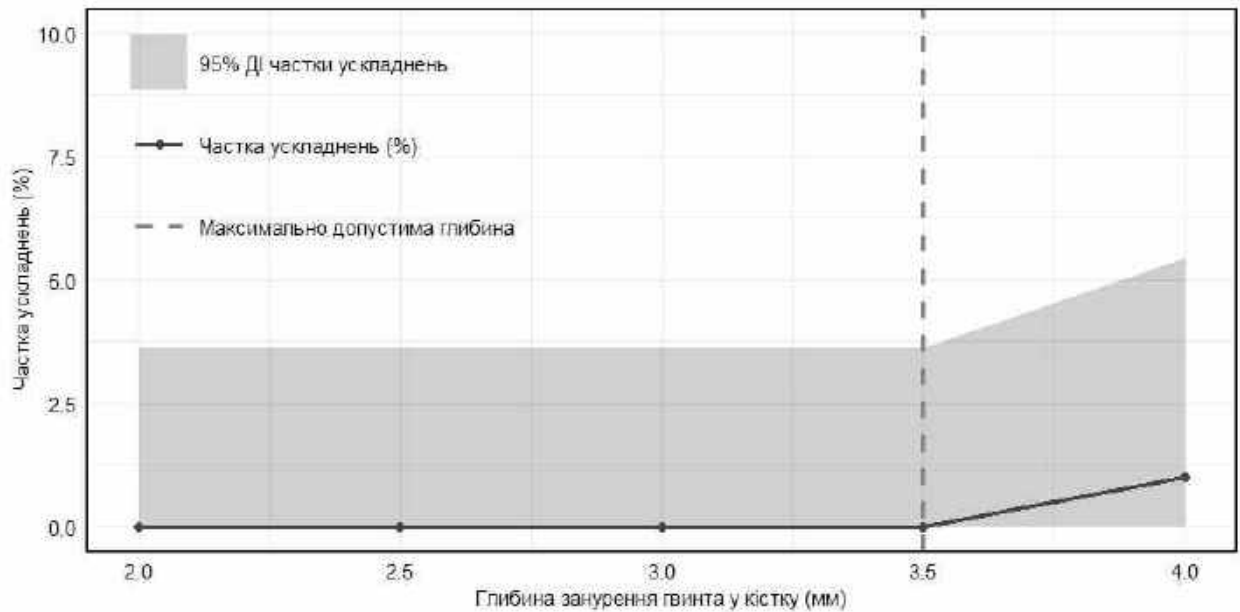


Рис. 4.19. Графік частки ускладнень в залежності від глибини занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 6 для вікової групи 6-12 років

"Безпечна" зона № 9.

Мінімальне та максимальне значення вимірюваної відстані в "безпечній" зоні № 9 становить 3,3 мм та 8,1 мм відповідно. Медіана дорівнює 6,1 мм, а центральні 50% значень знаходяться в межах від 5,8 мм до 6,62 мм (рис. 4.20).

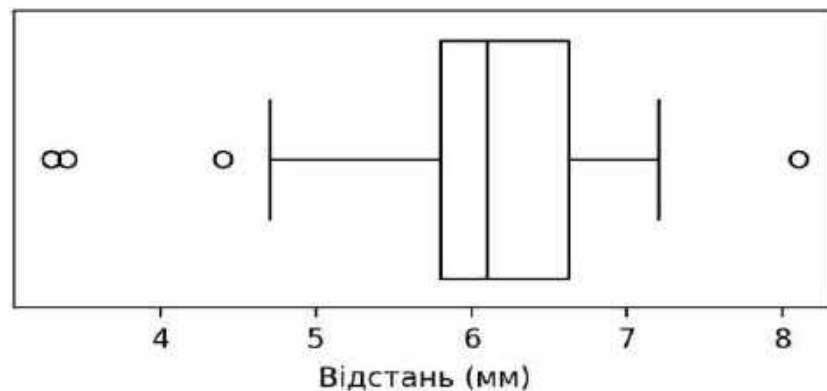


Рис. 4.20. Розподіл відстаней для "безпечної" зони № 9 для вікової групи 6-12 років

Враховуючи, що верхня межа 95% ДІ частки ускладнень перевищує допустимий рівень ускладнень починаючи з глибини занурення гвинта яка дорівнює 3,5 мм, максимально допустимою глибиною занурення гвинта у

кістку в "безпечній" зоні № 9 для вікової групи 6-12 років встановлено на позначці 3,0 мм (табл. 4.7 та рис. 4.21).

Таблиця 4.7

Рівні ускладнень в залежності від глибини занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 9 для вікової групи 6-12 років

| Глибина занурення гвинта у кістку (мм) | Абсолютна кількість ускладнень | Частка ускладнень (%) | Нижня межа 95% ДІ для частки ускладнень (%) | Верхня межа 95% ДІ для частки ускладнень (%) |
|----------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 2,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 2,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 3,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 3,5 | 3,0 | 3,0 | 0,62 | 8,52 |
| 4,0 | 3,0 | 3,0 | 0,62 | 8,52 |

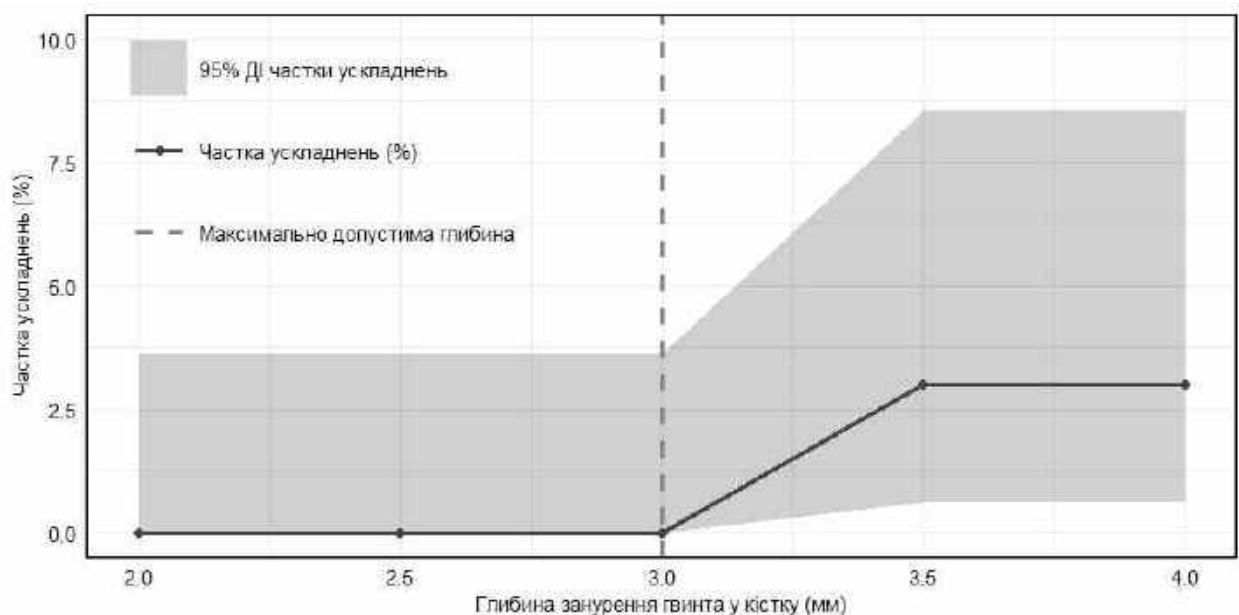


Рис. 4.21. Графік частки ускладнень в залежності від глибини занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 9 для вікової групи 6-12 років.

"Безпечна" зона № 10.

Мінімальне та максимальне значення вимірюваної відстані в "безпечній" зоні № 10 становить 8,9 мм та 11 мм відповідно. Медіана

дорівнює 9,9 мм, а центральні 50% значень знаходяться в межах від 9,6 мм до 10,4 мм (рис. 4.22).

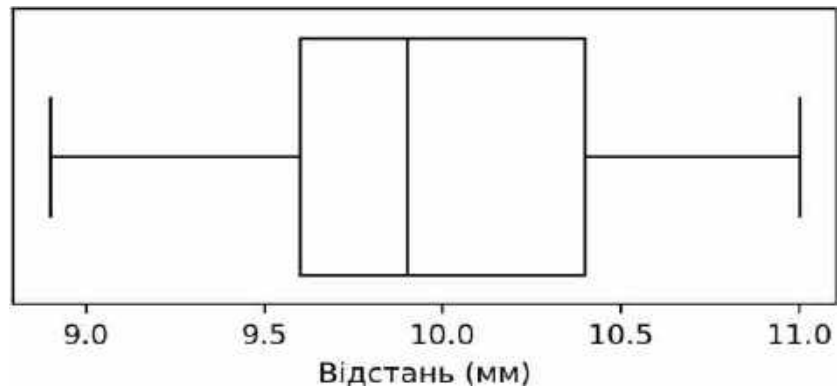


Рис. 4.22. Розподіл відстаней для "безпечної" зони № 10 для вікової групи 6-12 років

При фіксації гвинта вздовж зовнішньої косої лінії нижньої щелепи дистальніше зачатку другого постійного моляра у дітей вікової групи 6-12 років відсутній ризик травмування нижньощелепного каналу або зачатків постійних зубів. Відповідно максимальне значення від дистальної поверхні шийки першого постійного моляра до дистального краю зачатку другого постійного моляра становить 11 мм.

Обґрунтування безпечних зон для вікової групи 13-17 років.

"Безпечна" зона № 1.

Мінімальне та максимальне значення вимірюваної відстані в "безпечній" зоні № 1 становить 9 мм та 16,9 мм відповідно. Медіана дорівнює 14,15 мм, а центральні 50% значень знаходяться в межах від 11,65 мм до 15 мм (рис. 4.23).

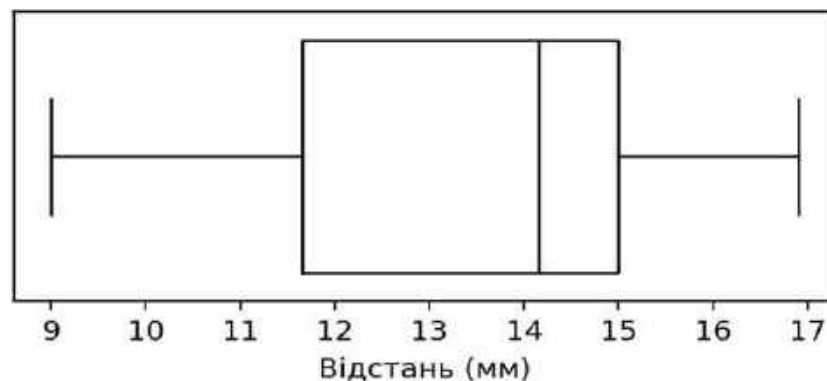


Рис. 4.23. Розподіл відстаней для "безпечної" зони № 1 для вікової групи 13-17 років

При фіксації гвинта в ділянці симфізу нижньої щелепи з вестибулярної поверхні апікальніше перших постійних різців у дітей вікової групи 13-17 років відсутній ризик травмування нижньощелепного каналу або зачатків постійних зубів. Відповідно мінімальне значення від нижнього краю нижньої щелепи до верхівок перших постійних різців становить 9 мм.

"Безпечна" зона № 2.

Мінімальне та максимальне значення вимірюваної відстані в "безпечній" зоні № 2 становить 8,5 мм та 16,3 мм відповідно. Медіана дорівнює 12,35 мм, а центральні 50% значень знаходяться в межах від 9,8 мм до 14 мм (рис. 4.24).

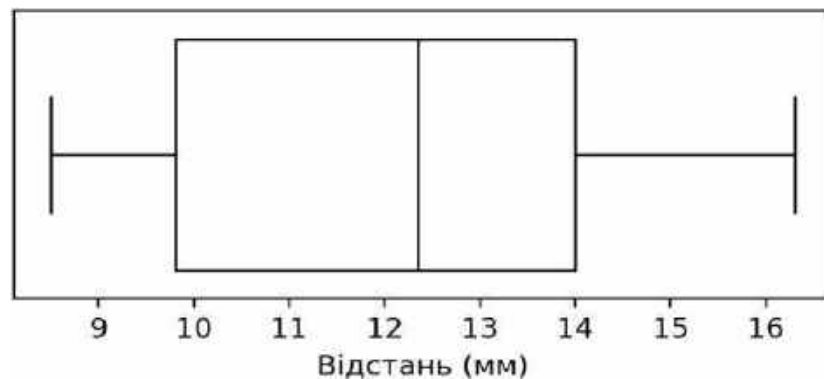


Рис. 4.24. Розподіл відстаней для "безпечної" зони № 2 для вікової групи 13-17 років

При фіксації гвинта в ділянці симфізу нижньої щелепи з вестибулярної поверхні апікальніше других постійних різців у дітей вікової групи 13-17 років відсутній ризик травмування нижньощелепного каналу або зачатків постійних зубів. Відповідно мінімальне значення від нижнього краю нижньої щелепи до верхівок других постійних різців становить 8,5 мм.

"Безпечна" зона № 3.

Мінімальне та максимальне значення вимірюваної відстані в "безпечній" зоні № 3 становить 7,9 мм та 16 мм відповідно. Медіана дорівнює 12,05 мм, а центральні 50% значень знаходяться в межах від 10,2 мм до 14 мм (рис. 4.25).

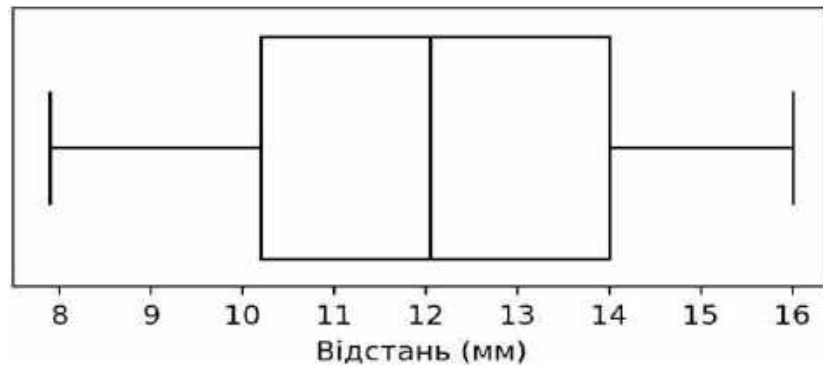


Рис. 4.25. Розподіл відстаней для "безпечної" зони № 3 для вікової групи 13-17 років

При фіксації гвинта в ділянці симфізу нижньої щелепи з вестибулярної поверхні апікальніше постійних іклів у дітей вікової групи 13-17 років відсутній ризик травмування нижньощелепного каналу або зачатків постійних зубів. Відповідно мінімальне значення від нижнього краю нижньої щелепи до верхівок постійних іклів становить 7,9 мм.

"Безпечна" зона № 5.

Мінімальне та максимальне значення вимірюваної відстані в "безпечній" зоні № 5 становить 2,9 мм та 6,8 мм відповідно. Медіана дорівнює 4,95 мм, а центральні 50% значень знаходяться в межах від 4,38 мм до 5,3 мм (рис. 4.26).

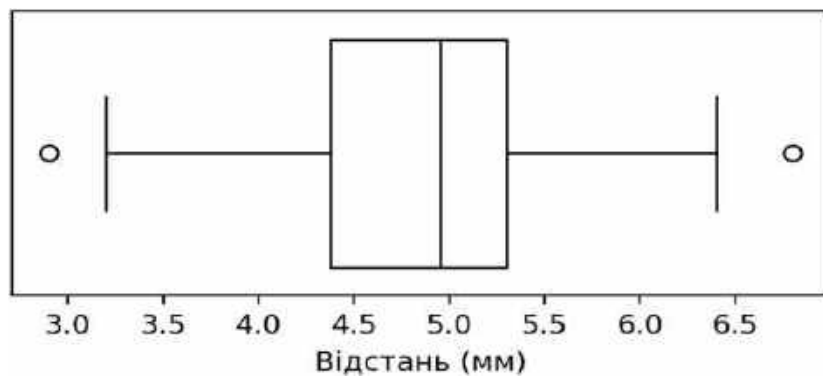


Рис. 4.26. Розподіл відстаней для "безпечної" зони № 5 для вікової групи 13-17 років

Враховуючи, що верхня межа 95% ДІ частки ускладнень перевищує допустимий рівень ускладнень починаючи з глибини занурення гвинта яка дорівнює 3,0 мм, максимально допустимою глибиною занурення гвинта у

кістку в "безпечній" зоні № 5 для вікової групи 13-17 років встановлено на позначці 2,5 мм (табл. 4.8 та рис. 4.27).

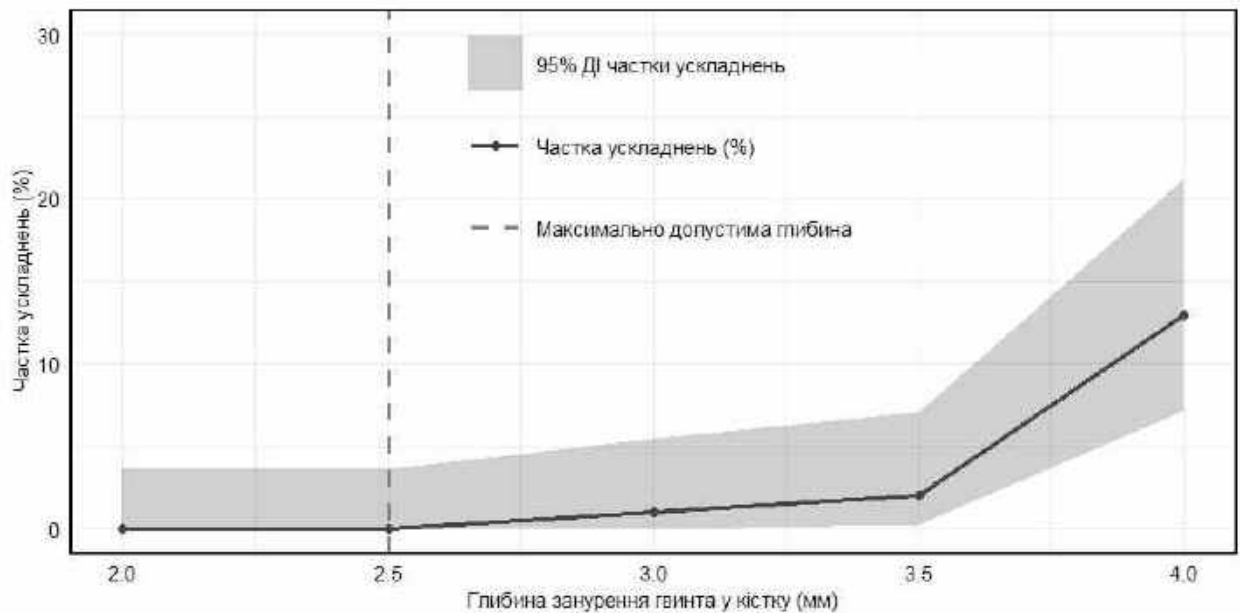


Рис. 4.27. Графік частки ускладнень в залежності від глибини занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 5 для вікової групи 13-17 років

Таблиця 4.8

Рівні ускладнень в залежності від глибини занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 5 для вікової групи 13-17 років

| Глибина занурення гвинта у кістку (мм) | Абсолютна кількість ускладнень | Частка ускладнень (%) | Нижня межа 95% ДІ для частки ускладнень (%) | Верхня межа 95% ДІ для частки ускладнень (%) |
|----------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 2,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 2,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 3,0 | 1,0 | 1,0 | 0,03 | 5,45 |
| 3,5 | 2,0 | 2,0 | 0,24 | 7,04 |
| 4,0 | 13,0 | 13,0 | 7,11 | 21,2 |

"Безпечна" зона № 6.

Мінімальне та максимальне значення вимірюваної відстані в "безпечній" зоні № 6 становить 4,2 мм та 6,9 мм відповідно. Медіана дорівнює 5,6 мм, а центральні 50% значень знаходяться в межах від 5 мм до 6 мм (рис. 4.28).

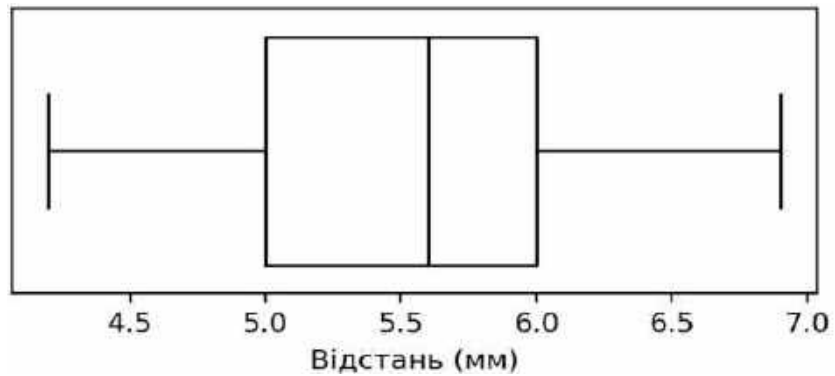


Рис. 4.28. Розподіл відстаней для "безпечної" зони № 6 для вікової групи 13-17 років

Враховуючи, що верхня межа 95% ДІ частки ускладнень перевищує допустимий рівень ускладнень, починаючи з глибини занурення гвинта, яка дорівнює 4,5 мм, максимально допустимою глибиною занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 6 для вікової групи 13-17 років встановлено на позначці 4,0 мм (табл. 4.9 та рис. 4.29).

Таблиця 4.9

Рівні ускладнень в залежності від глибини занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 6 для вікової групи 13-17 років

| Глибина занурення гвинта у кістку (мм) | Абсолютна кількість ускладнень | Частка ускладнень (%) | Нижня межа 95% ДІ для частки ускладнень (%) | Верхня межа 95% ДІ для частки ускладнень (%) |
|----------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 2,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 2,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 3,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 3,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 4,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 4,5 | 4,0 | 4,0 | 1,1 | 9,93 |

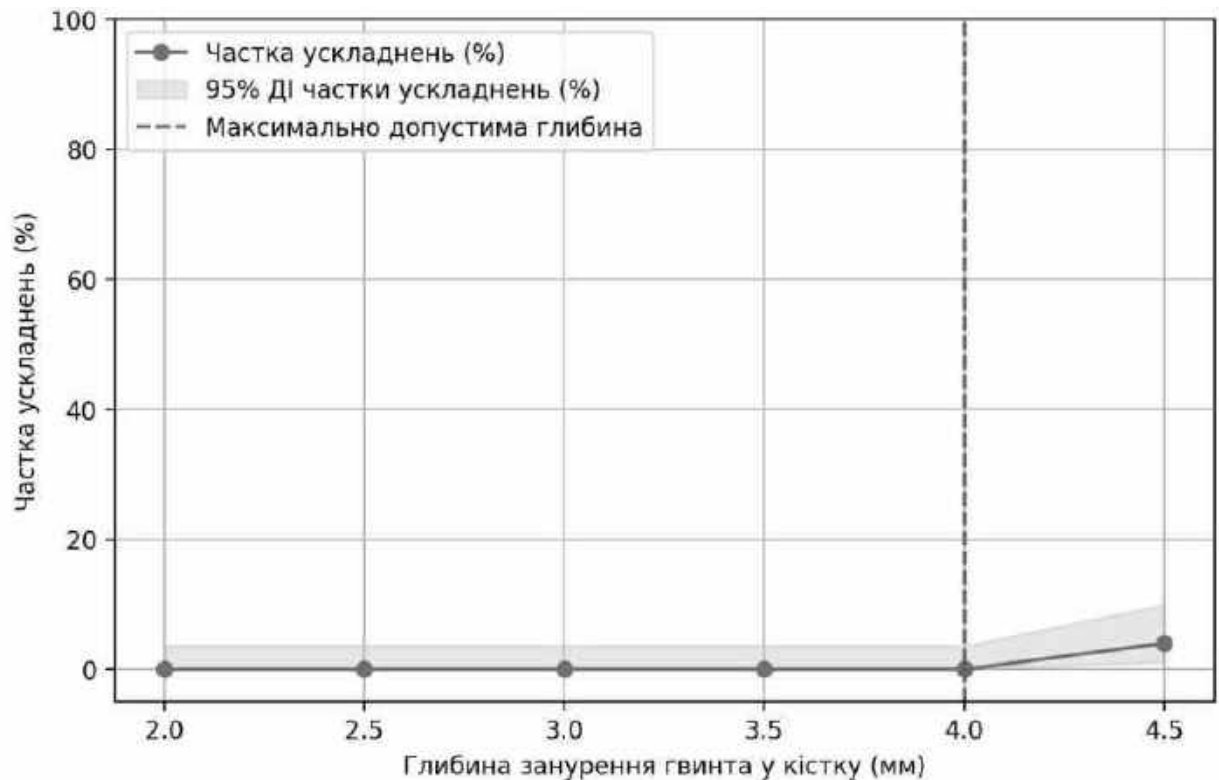


Рис. 4.29. Графік частки ускладнень в залежності від глибини занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 6 для вікової групи 13-17 років.

"Безпечна" зона № 7.

Мінімальне та максимальне значення вимірюваної відстані в "безпечній" зоні № 7 становить 4,3 мм та 7 мм відповідно. Медіана дорівнює 5,55 мм, а центральні 50% значень знаходяться в межах від 4,9 мм до 6,11 мм (рис. 4.30).

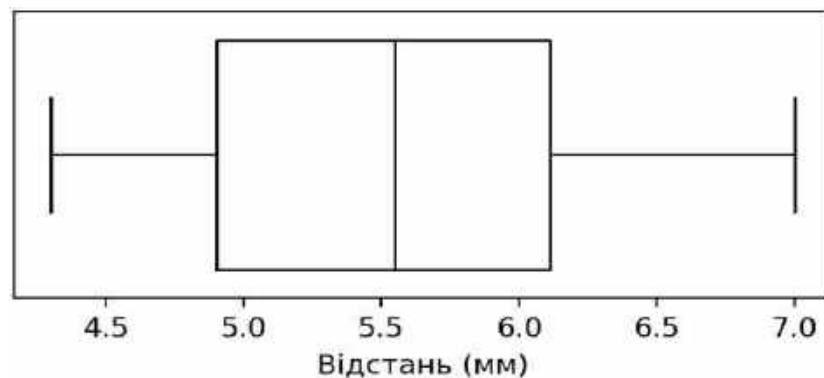


Рис. 4.30. Розподіл відстаней для "безпечної" зони № 7 для вікової групи 13-17 років

Враховуючи, що верхня межа 95% ДІ частки ускладнень перевищує допустимий рівень ускладнень починаючи з глибини занурення гвинта яка дорівнює 4,5 мм, максимально допустимою глибиною занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 7 для вікової групи 13-17 років встановлено на позначці 4,0 мм (табл. 4.10 та рис. 4.31).

Таблиця 4.10

Рівні ускладнень в залежності від глибини занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 7 для вікової групи 13-17 років

| Глибина занурення гвинта у кістку (мм) | Абсолютна кількість ускладнень | Частка ускладнень (%) | Нижня межа 95% ДІ для частки ускладнень (%) | Верхня межа 95% ДІ для частки ускладнень (%) |
|----------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 2,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 2,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 3,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 3,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 4,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 4,5 | 3,0 | 3,0 | 0,62 | 8,52 |

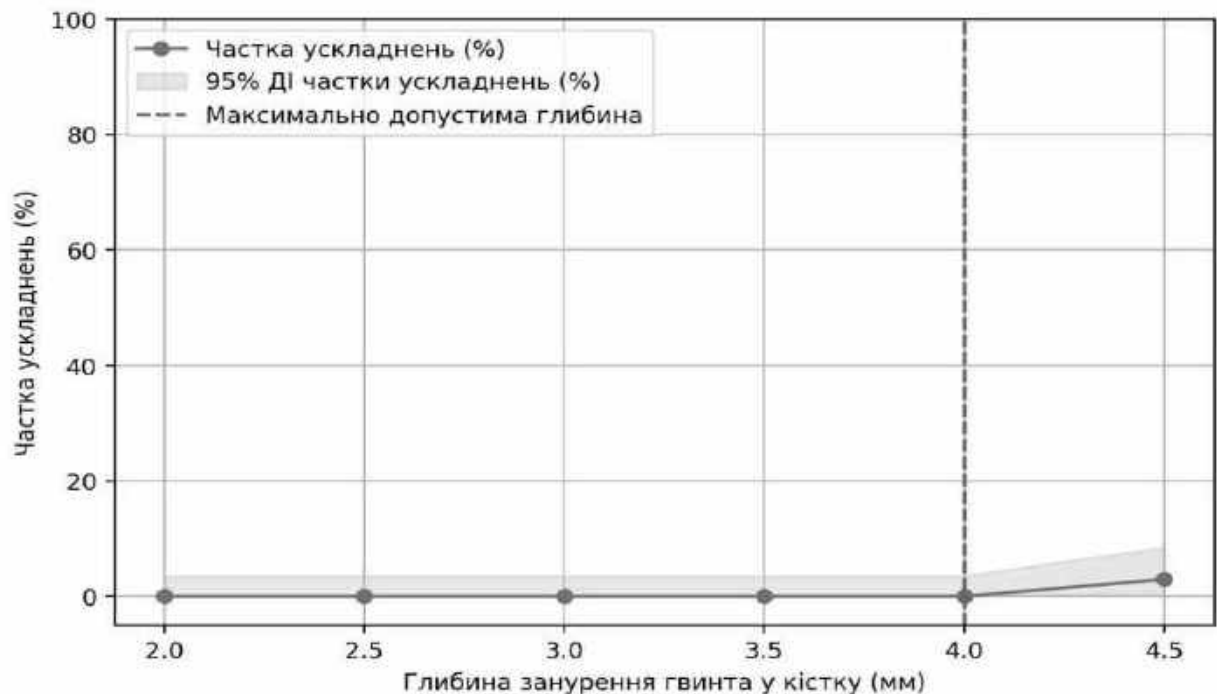


Рис. 4.31. Графік частки ускладнень в залежності від глибини занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 7 для вікової групи 13-17 років.

"Безпечна" зона № 8.

Мінімальне та максимальне значення вимірюваної відстані в "безпечній" зоні № 8 становить 4,04 мм та 6,9 мм відповідно. Медіана дорівнює 5,68 мм, а центральні 50% значень знаходяться в межах від 5,12 мм до 6,2 мм (рис. 4.32).

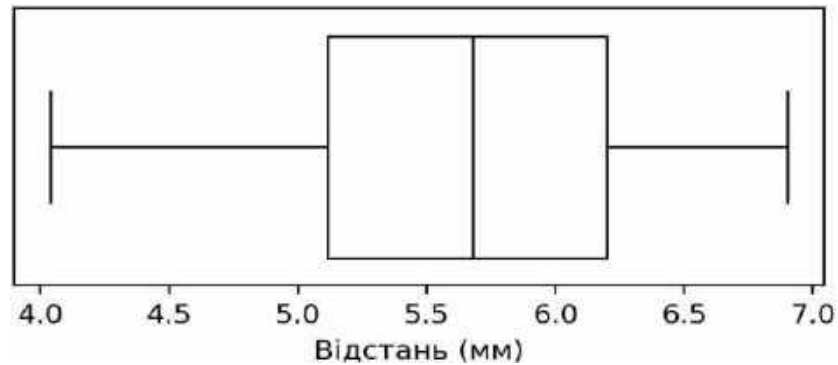


Рис. 4.32. Розподіл відстаней для "безпечної" зони № 8 для вікової групи 13-17 років

Враховуючи, що верхня межа 95% ДІ частки ускладнень перевищує допустимий рівень ускладнень починаючи з глибини занурення гвинта яка дорівнює 4,5 мм, максимально допустимою глибиною занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 8 для вікової групи 13-17 років встановлено на позначці 4,0 мм (табл. 4.11 та рис. 4.33).

Таблиця 4.11

Рівні ускладнень в залежності від глибини занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 8 для вікової групи 13-17 років

| Глибина занурення гвинта у кістку (мм) | Абсолютна кількість ускладнень | Частка ускладнень (%) | Нижня межа 95% ДІ для частки ускладнень (%) | Верхня межа 95% ДІ для частки ускладнень (%) |
|----------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 2,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 2,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 3,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 3,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 4,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 4,5 | 5,0 | 5,0 | 1,64 | 11,28 |

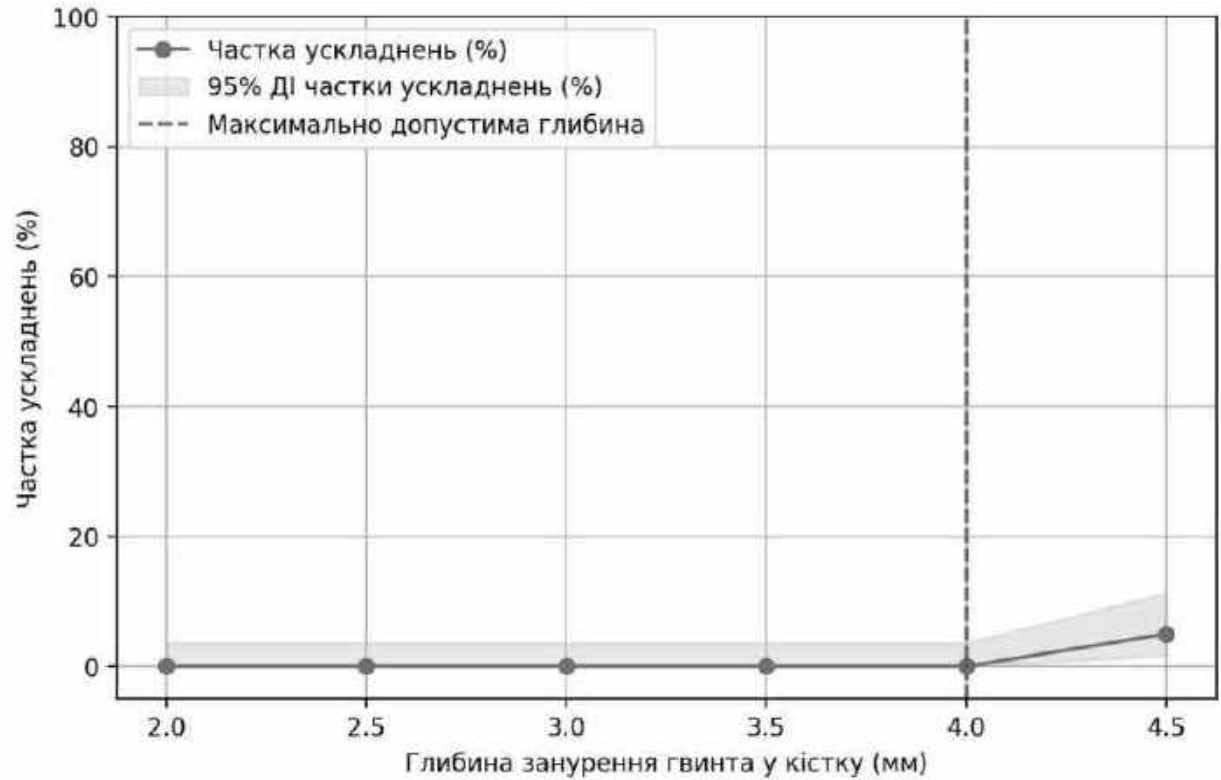


Рис. 4.33. Графік частки ускладнень в залежності від глибини занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 8 для вікової групи 13-17 років

"Безпечна" зона № 9.

Мінімальне та максимальне значення вимірюваної відстані в "безпечній" зоні № 9 становить 4,2 мм та 7,28 мм відповідно. Медіана дорівнює 6,05 мм, а центральні 50% значень знаходяться в межах від 5,2 мм до 6,5 мм (рис. 4.34).

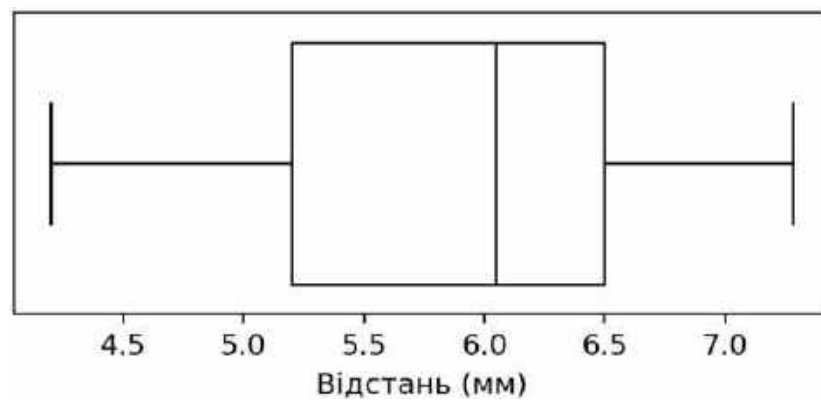


Рис. 4.34. Розподіл відстаней для "безпечної" зони № 9 для вікової групи 13-17 років

Враховуючи, що верхня межа 95% ДІ частки ускладнень перевищує допустимий рівень ускладнень починаючи з глибини занурення гвинта яка дорівнює 4,5 мм, максимально допустимою глибиною занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 9 для вікової групи 13-17 років встановлено на позначці 4,0 мм (табл. 4.12 та рис. 4.35).

Таблиця 4.12

Рівні ускладнень в залежності від глибини занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 9 для вікової групи 13-17 років

| Глибина занурення гвинта у кістку (мм) | Абсолютна кількість ускладнень | Частка ускладнень (%) | Нижня межа 95% ДІ для частки ускладнень (%) | Верхня межа 95% ДІ для частки ускладнень (%) |
|----------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 2,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 2,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 3,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 3,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 4,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 4,5 | 3,0 | 3,0 | 0,62 | 8,52 |

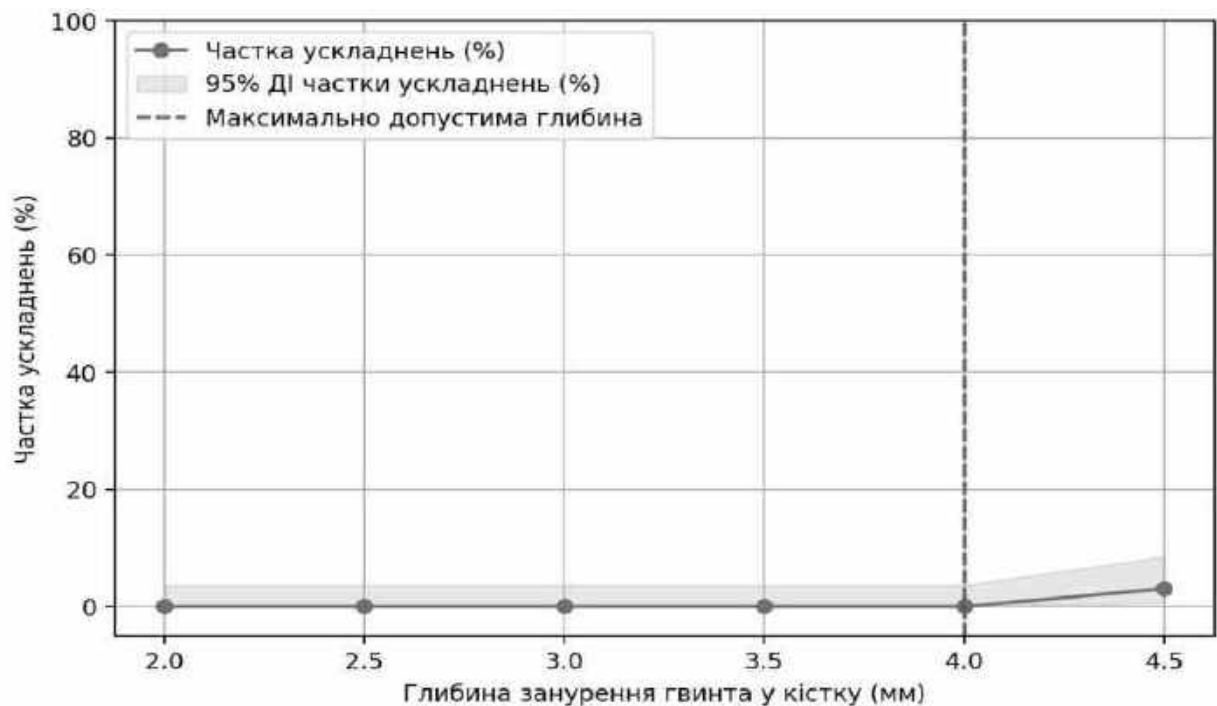


Рис. 4.35. Графік частки ускладнень в залежності від глибини занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 9 для вікової групи 13-17 років

"Безпечна" зона № 10.

Мінімальне та максимальне значення вимірюваної відстані в "безпечній" зоні № 10 становить 4,5 мм та 7,4 мм відповідно. Медіана дорівнює 6,2 мм, а центральні 50% значень знаходяться в межах від 5,4 мм до 6,6 мм (рис. 4.36).

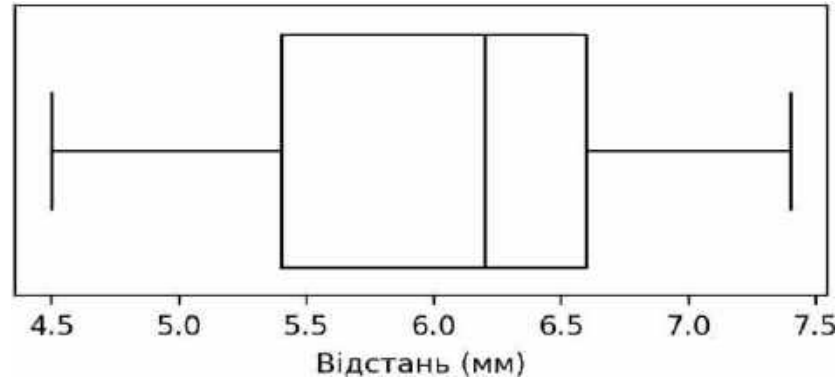


Рис. 4.36. Розподіл відстаней для "безпечної" зони № 10 для вікової групи 13-17 років

Враховуючи, що верхня межа 95% ДІ частки ускладнень перевищує допустимий рівень ускладнень починаючи з глибини занурення гвинта яка дорівнює 4,5 мм, максимально допустимою глибиною занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 10 для вікової групи 13-17 років встановлено на позначці 4,0 мм (табл. 4.13 та рис. 4.37).

Таблиця 4.13

Рівні ускладнень в залежності від глибини занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 10 для вікової групи 13-17 років

| Глибина занурення гвинта у кістку (мм) | Абсолютна кількість ускладнень | Частка ускладнень (%) | Нижня межа 95% ДІ для частки ускладнень (%) | Верхня межа 95% ДІ для частки ускладнень (%) |
|----------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 2,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 2,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 3,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 3,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 4,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 4,5 | 1,0 | 1,0 | 0,03 | 5,45 |

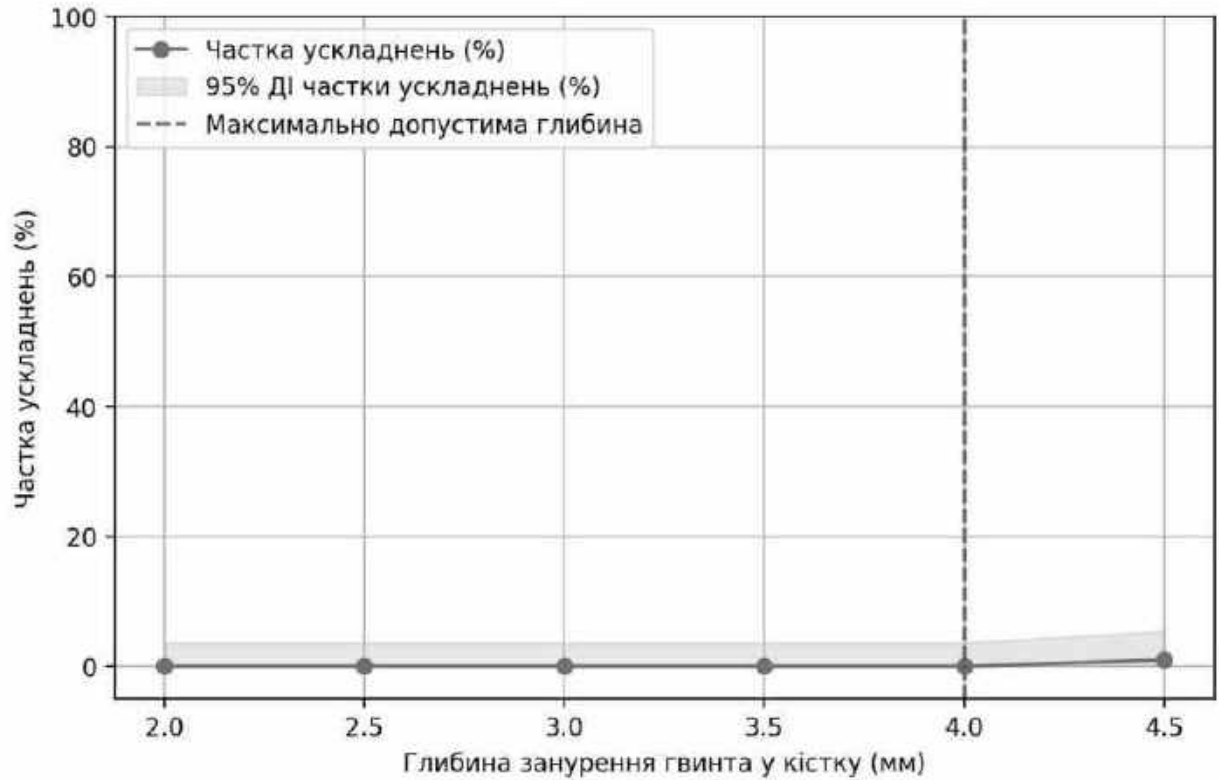


Рис. 4.37. Графік частки ускладнень в залежності від глибини занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 10 для вікової групи 13-17 років

"Безпечна" зона № 11.

Мінімальне та максимальне значення вимірюваної відстані в "безпечній" зоні № 11 становить 3,6 мм та 10,6 мм відповідно. Медіана дорівнює 5,6 мм, а центральні 50% значень знаходяться в межах від 5,2 мм до 6,9 мм (рис. 4.38).

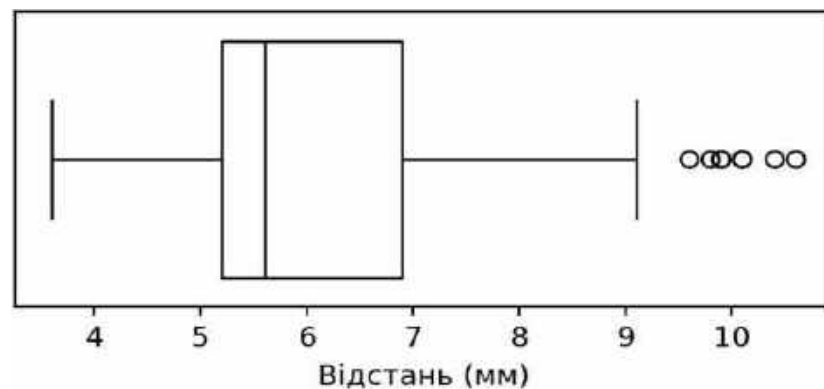


Рис. 4.38. Розподіл відстаней для "безпечної" зони № 11 для вікової групи 13-17 років

Враховуючи, що верхня межа 95% ДІ частки ускладнень перевищує допустимий рівень ускладнень починаючи з глибини занурення гвинта яка дорівнює 4,0 мм, максимально допустимою глибиною занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 11 для вікової групи 13-17 років встановлено на позначці 3,5 мм (табл. 4.14 та рис. 4.39).

Таблиця 4.14

Рівні ускладнень в залежності від глибини занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 11 для вікової групи 13-17 років

| Глибина занурення гвинта у кістку (мм) | Абсолютна кількість ускладнень | Частка ускладнень (%) | Нижня межа 95% ДІ для частки ускладнень (%) | Верхня межа 95% ДІ для частки ускладнень (%) |
|----------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 2,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 2,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 3,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 3,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,62 |
| 4,0 | 2,0 | 2,0 | 0,24 | 7,04 |

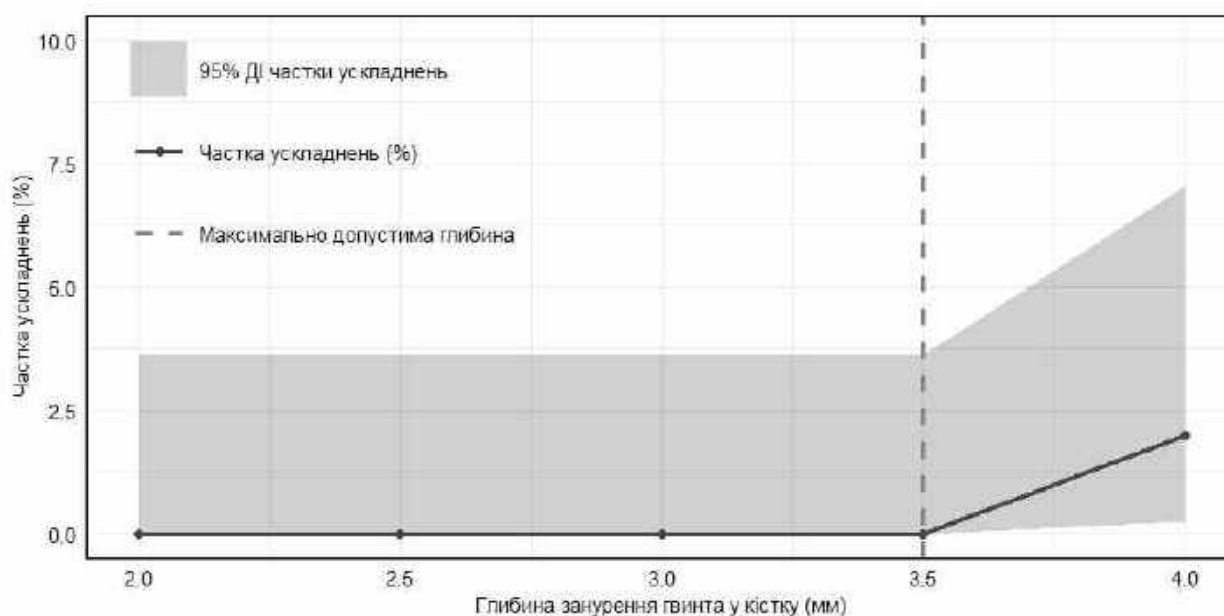


Рис. 4.39. Графік частки ускладнень в залежності від глибини занурення гвинта у кістку в "безпечній" зоні № 11 для вікової групи 13-17 років

"Безпечна" зона № 12.

Мінімальне та максимальне значення вимірюваної відстані в "безпечній" зоні № 12 становить 4,9 мм та 11,5 мм відповідно. Медіана дорівнює 8,05 мм, а центральні 50% значень знаходяться в межах від 7,4 мм до 8,83 мм (рис. 4.40).



Рис. 4.40. Розподіл відстаней для "безпечної" зони № 12 для вікової групи 13-17 років

При фіксації гвинта вздовж зовнішньої косої лінії нижньої щелепи дистальніше зачатку третього постійного моляра у дітей вікової групи 13-17 років відсутній ризик травмування нижньощелепного каналу або зачатків постійних зубів. Відповідно максимальне значення від дистальної поверхні шийки першого постійного моляра до дистального краю зачатку другого постійного моляра становить 11,5 мм.

Таким чином, застосовуючи емпіричний пороговий метод аналізу даних із врахуванням меж 95% довірчого інтервалу (ДІ) відносної величини, нами було визначено та встановлено оптимально безпечну глибину занурення гвинтів для фіксації мініпластин у кісткову тканину нижньої щелепи при хірургічному лікуванні її перелому в дітей різних вікових груп, що дозволить запобігти ускладнень в клінічних умовах.

4.2. Рівняння лінійної регресії (регресійні лінійні моделі) впливу віку пацієнтів на вимірювані анатомічні відстані

Для проведення лінійного кореляційного та регресійного аналізів, з урахуванням того, що розподіл частини кількісних ознак не відповідав нормальному закону, було проведено перетворення первинних даних за методом Бокса-Кокса. Подальший кореляційний аналіз (табл. 4.15) показав наявність певних закономірностей щодо кореляційних зв'язків віку обстежених з вимірюваними анатомічними зубо-щелепними відстанями.

Наявність статистично значущих кореляційних зв'язків визначалася у віковій групі 6 - 12 років та незначна у групі 13 - 17 років, що може пояснюватися впливом інших чинників й анатомо-фізіологічних особливостей у даному віковому періоді.

Коефіцієнти лінійної кореляції вказують на прямий кореляційний зв'язок віку з найкоротшою відстанню від букального краю нижньої третини нижньої щелепи до нижньощелепного каналу на рівні між коренями першого постійного моляру у групі дітей 6 - 12 років ($r=0,58$; $p<0,001$).

Для аналізу зав'язків та з метою визначення моделей прогнозу анатомічних відстаней для втручання при лікуванні переломів нижньої щелепи у дітей, зі змінними, що мали статистично значущі кореляційні зв'язки із віком, було проведено регресійний аналіз. Вік обстежених розглядався у якості предикторної (факторної) змінної – x , у якості залежних (результуючих) змінних (y) виступали вимірювані анатомічні відстані.

Було проведено регресійний аналіз з побудовою моделей простої (парної) лінійної регресії.

Математичне рівняння, яке описує лінію простої лінійної регресії має загальний вигляд:

$$y = a + b \times x \quad (4.1),$$

де: x - незалежна змінна (предиктор), у нашому випадку вік обстежених пацієнтів; y - залежна змінна, у нашому випадку вимірювані анатомічні відстані (у мм).

Таблиця 4.15

Кореляційні зв'язки віку обстежених з вимірюваними анатомічними
зубо-щелепними відстанями

| Зв'язок віку з показниками | Коефіцієнти кореляції Пірсона (r) | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------|
| | r | p |
| <i>Вікова група 6 - 12 років</i> | | |
| Найкоротша відстань від нижнього краю нижньої щелепи до верхівок коренів перших постійних різців (мм) | 0,01 | 0,953 |
| Найкоротша відстань від нижнього краю нижньої щелепи до верхівок коренів других постійних різців (мм) | -0,01 | 0,885 |
| Найкоротша відстань від букального краю нижньої третини нижньої щелепи до нижньощелепного каналу на рівні дистального кореня першого постійного моляру (мм) | 0,11 | 0,258 |
| Найкоротша відстань від букального краю нижньої третини нижньої щелепи до нижньощелепного каналу на рівні між коренями першого постійного моляру (мм) | 0,21 | 0,036 |
| Найкоротша відстань від букального краю нижньої третини нижньої щелепи до нижньощелепного каналу на рівні між коренями першого постійного моляру та другого премоляру (мм) | 0,15 | 0,127 |
| Найкоротша відстань від букального краю середньої третини тіла нижньої щелепи до дистального кореня першого постійного моляра (мм) | -0,14 | 0,172 |
| <i>Вікова група 13 - 17 років</i> | | |
| Найкоротша відстань від нижнього краю нижньої щелепи до верхівок коренів перших постійних різців (мм) | 0,03 | 0,75 |
| Найкоротша відстань від нижнього краю нижньої щелепи до верхівок коренів других постійних різців (мм) | 0,08 | 0,457 |
| Найкоротша відстань від букального краю нижньої третини нижньої щелепи до нижньощелепного каналу на рівні мезіального кореня першого постійного моляру (мм) | 0,02 | 0,858 |
| Найкоротша відстань від букального краю нижньої третини нижньої щелепи до нижньощелепного каналу на рівні дистального кореня першого постійного моляру (мм) | 0,1 | 0,342 |
| Найкоротша відстань від букального краю нижньої третини нижньої щелепи до нижньощелепного каналу на рівні між коренями першого постійного моляру (мм) | 0,1 | 0,333 |
| Найкоротша відстань від букального краю нижньої третини нижньої щелепи до нижньощелепного каналу на рівні між коренями першого постійного моляру та другого премоляру (мм) | -0,07 | 0,465 |
| Найкоротша відстань від букального краю зовнішньої косої лінії нижньої щелепи до другого постійного моляра (мм) | -0,19 | 0,059 |

Це значення, яке ми очікуємо для y (в середньому), якщо ми знаємо величину x ;

a - константа, вільний член рівняння (значення y , коли $x=0$);

b - коефіцієнт регресії (тангенс кута нахилу регресійної прямої до осі X) [208].

Результати регресійного аналізу у випадках коли було отримано статистично значущі результати представлені у табл. 4.16 та на рис. 4.41. Визначені моделі включаються вільні члени рівняння, оскільки вони мають статистично значущий рівень ($p < 0,05$).

Таблиця 4.16

Результати простого лінійного регресійного аналізу впливу віку обстежених на значення анатомічних відстаней, що використовуються для втручання при лікуванні переломів нижньої щелепи у дітей

| Показники | b^* | Похибка b^* | b | Стандартн а похибка b | t | p |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------|-------------------------------|-------|-------|
| Вплив віку на найкоротшу відстань від букального краю нижньої третини нижньої щелепи до нижньощелепного каналу на рівні між коренями першого постійного моляру у дітей 6 – 12 років | | | | | | |
| Вільний член рівняння | | | 1,907 | 1,710 | 1,115 | 0,027 |
| Вік | 0,210 | 0,099 | 0,427 | 0,201 | 2,125 | 0,036 |
| Рівняння | $y = 1,907 + 0,427 \times x$ | | | | | |
| Загальна оцінка моделі | Коефіцієнт множинної кореляції $R=0,581$; коефіцієнт детермінації $R^2=0,338$, скоригований $R^2=0,331$ Критерій Фішера $F=49,986$ ($p < 0,001$) | | | | | |

Примітки. b – звичайні регресійні коефіцієнти;
 b^* – стандартизовані регресійні коефіцієнти;
 t – критерій коефіцієнта рівняння регресії;
 p – рівень статистичної значущості

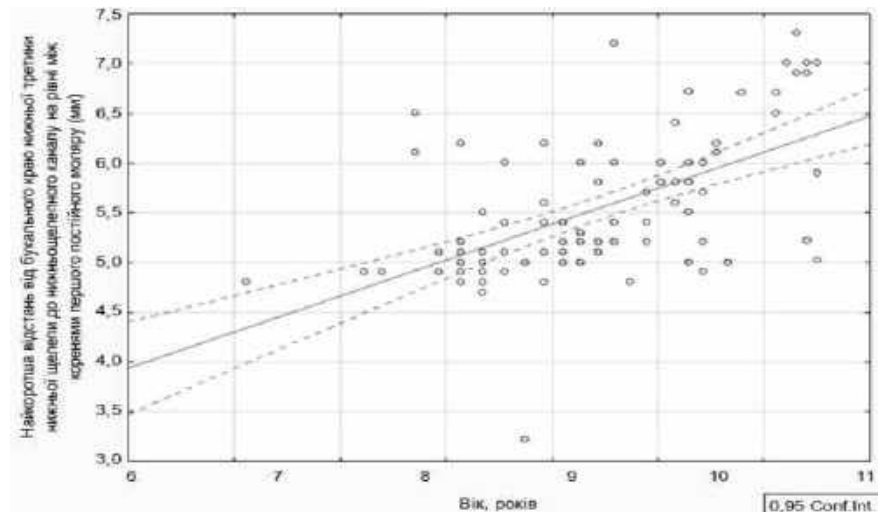


Рис. 4.41. Залежність найкоротшої відстані від букального краю нижньої третини нижньої щелепи до нижньощелепного каналу на рівні між коренями першого постійного моляру від віку у дітей 6 – 12 років

Кількісну оцінку впливу віку на найкоротшу відстань від букального краю нижньої третини нижньої щелепи до нижньощелепного каналу на рівні між коренями першого постійного моляру у дітей 6 – 12 років, можна описати рівнянням:

$$y = 1,907 + 0,427 \times x, \quad (4.2)$$

де: y – найкоротша відстань від букального краю нижньої третини нижньої щелепи до нижньощелепного каналу на рівні між коренями першого постійного моляру у дітей 6 – 11 років;

x – вік обстежених дітей.

Згідно з отриманою регресійною моделлю, коефіцієнт детермінації складає $R^2=0,338$, скоригований $R^2=0,331$, отже варіативність (коливання) найкоротшої відстані від букального краю нижньої третини нижньої щелепи до нижньощелепного каналу на рівні між коренями першого постійного моляру у дітей 6 – 12 років на 33,1 % обумовлена впливом віку дітей. Коефіцієнт парціальної (очищеної від впливу інших факторів) кореляції вказує на прямий середньої сили кореляційний зв'язок між змінними ($r=0,58$; $p<0,001$).

Перевірка валідності рівняння регресії здійснювалася за допомогою F критерію Фішера, за результатами дослідження $F=49,986$ ($p<0,001$).

Стандартні похибки оцінок параметрів моделей показують, що в середньому, розраховані за рівнянням значення анатомічних відстаней відхиляються від фактичних несуттєво, що підтверджується діаграмою розсіювання між передбаченими і наявними значеннями залежної змінної (рис.4.42).

Таким чином, при вдосконаленні алгоритмів вибору місця фіксації мініпластин при переломах нижньої щелепи у дітей доведено, що при збільшенні віку дитини збільшується відстань від вестибулярного або нижнього краю нижньої щелепи до «критичного» анатомічного утворення і тому необхідно враховувати не тільки локалізацію перелому, а і вік дитини, особливо у дітей від 6 до 12 років.

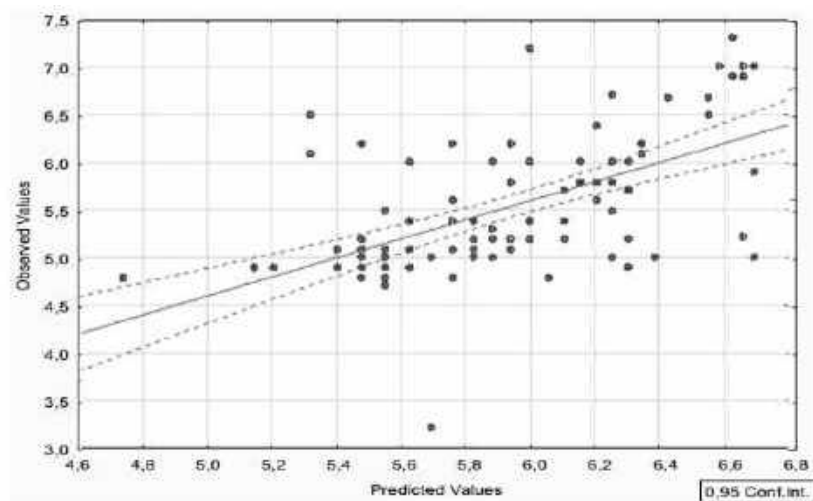


Рис. 4.42. Діаграма розсіювання між прогнозними і спостережуваними значеннями залежної змінної (найкоротша відстань від букального краю нижньої третини нижньої щелепи до нижньощелепного каналу на рівні між коренями першого постійного моляру у дітей 6 – 12 років) за рівнянням лінійної регресії залежності від віку (95% довірчий інтервал).

4.3. Розробка ПЗ «Визначення місця для фіксації мініпластин у дітей при переломах нижньої щелепи».

Функціональне призначення ПЗ «Визначення місця для фіксації мініпластин у дітей при переломах нижньої щелепи» полягає у наочній

візуалізації оптимальних варіантів розміщення мініпластин та встановлення гвинтів для їх фіксації при переломах нижньої щелепи у дітей, яка угрупує томографічні дослідження та виміри на їх основі по вікових групах, а також локалізаціях перелому.

Програмний засіб для візуалізації варіантів розміщення мініпластин було розроблено у вигляді HTML-сторінки з використанням каскадної таблиці стилів (CSS) та мови сценаріїв Brython, діаграми розмаху побудовані за допомогою бібліотеки Matplotlib мови програмування Python [213-216].

Для запуску ПЗ «Визначення місця для фіксації мініпластин у дітей при переломах нижньої щелепи» необхідно відкрити файл «st.html» за допомогою програми для перегляду сторінок у мережі Інтернет. При успішному відкритті файлу можна побачити зображення, як на рисунку 4.43.



Рис. 4.43. Графічний вигляд ПЗ «Визначення місця для фіксації мініпластин у дітей при переломах нижньої щелепи» після запуску

Для кращого сприйняття інформації обирається повноекранний режим перегляду сторінок, наприклад, за допомогою натискання клавіші «F11». Для завантаження текстового вмісту сторінки програмного засобу за допомогою натискання на кнопку «Вибрати файл» (мова надпису на кнопці залежить від налаштувань програми для перегляду сторінок у мережі Інтернет) викликається діалогове вікно операційної системи для вибору файлів, як на рисунку 4.44.

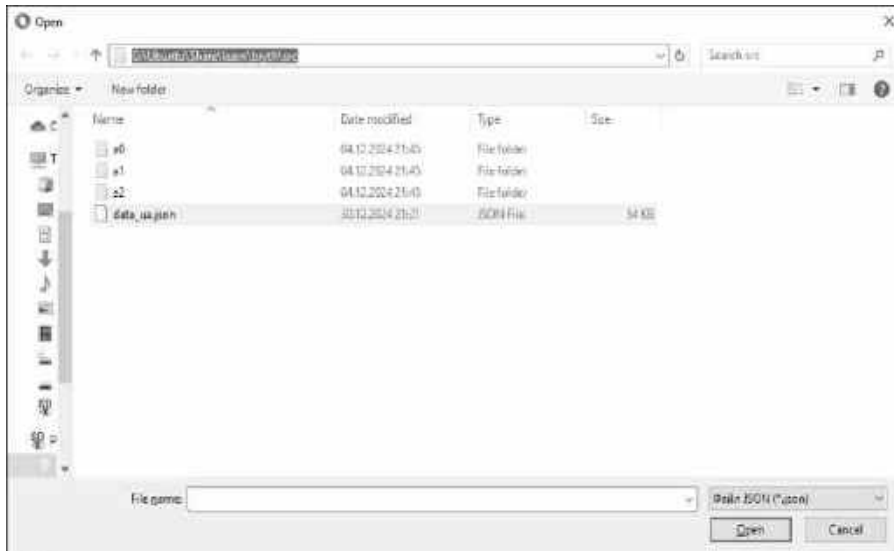


Рис. 4.44. Діалогове вікно для вибору файлів

При успішному завантаженні файлу можна побачити зображення, як на рисунку 4.45.



Рис. 4.45. Графічний вигляд ПЗ «Визначення місця для фіксації мініпластин у дітей при переломах нижньої щелепи» після завантаження вмісту

Усі томографічні дослідження згруповані за віком та локалізацією перелому. Обрання бажаної вікової групи відбувається за допомогою елемента «Вікова група» у вигляді списку, що розширюється, який знаходиться у верхньому лівому куті ПЗ. Даний елемент містить три вікові групи: 1-5 років; 6-12 років та 13-17 років, що відображено на рисунку 4.46.

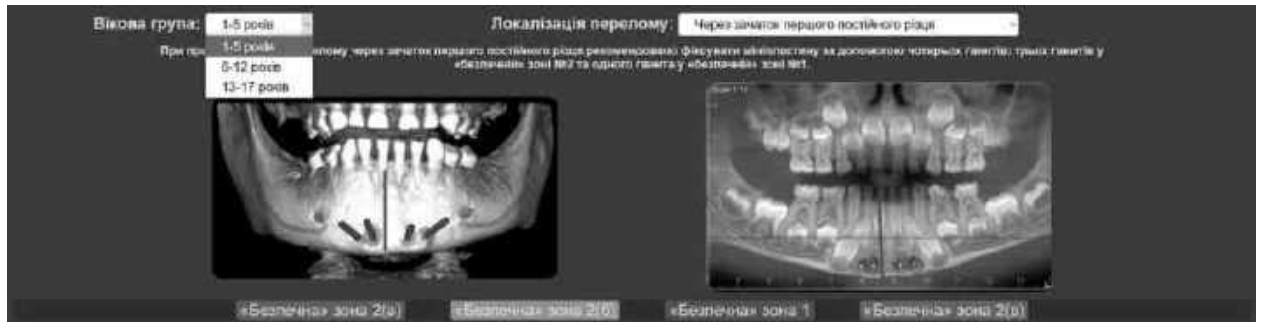


Рис. 4.46. Графічний вигляд ПЗ – елемент вибору «Вікова група»

Вибір локалізації перелому здійснюється за допомогою елемента «Локалізація перелому» у вигляді списку, що розширюється, який знаходиться у верхньому правому куті ПЗ. Даний елемент наповнюється відповідно до обраної вікової групи, наприклад, 1-5 років: через зачаток першого постійного різця; через зачаток другого постійного різця; через зачаток постійного ікла; через зачаток першого премоляра; через зачаток другого премоляра; через зачаток першого постійного моляра; в ділянці кута нижньої щелепи; в ділянці гілки нижньої щелепи та в ділянці виросткового відростку нижньої щелепи.

Для вікової групи 6-12 років локалізація перелому нижньої щелепи може бути: в ділянці першого постійного різця; в ділянці другого постійного різця; в ділянці постійного ікла; в ділянці першого премоляра; в ділянці другого премоляра; в ділянці мезіального кореня першого постійного моляра; в ділянці дистального кореня першого постійного моляра; через зачаток другого постійного моляра або кут нижньої щелепи; в ділянці гілки нижньої щелепи та в ділянці виросткового відростку нижньої щелепи.

Вибір локалізації перелому у підлітків 13-17 років також здійснювався за допомогою елемента «Локалізація перелому», який знаходиться у верхньому правому куті ПЗ та має свій список, який відповідає даній віковій групі: в ділянці першого постійного різця; в ділянці другого постійного різця; в ділянці постійного ікла; в ділянці першого премоляра; в ділянці другого премоляра; в ділянці першого постійного моляра; в ділянці другого постійного моляра; через зачаток третього постійного моляра або кут

нижньої щелепи; в ділянці гілки нижньої щелепи та в ділянці виросткового відростку нижньої щелепи (рис. 4.47).



Рис. 4.47. Графічний вигляд ПЗ – елемент вибору «Локалізація перелому»

Нижче елементів вибору знаходяться наші рекомендації по локалізації місця фіксації пластини, кількості гвинтів та зображення з позначенням місця перелому й місцями встановлення гвинтів на тривимірній моделі та панорамній реконструкції комп'ютерної томографії.

У процесі дорослішання дитини та розвитку її щелепного апарату збільшується і варіативність місць фіксації перелому нижньої щелепи та додається можливість комбінування мініпластин, що особливо важливо у старших вікових групах. Тому збільшується кількість прикладів зображень місць фіксації, як показано на рисунку 4.48.



Рис. 4.48. Графічний вигляд ПЗ – приклад варіативності місць фіксації перелому

У випадках різноманітності варіантів локалізації мініпластин нижче загальних зображень знаходиться елемент «Локалізація мініпластин» у

вигляді списку, що розширюється, за допомогою якого можна більш докладно розглянути окремий варіант фіксації, як показано на рисунку 4.49.



Рис. 4.49. Графічний вигляд ПЗ – елемент вибору локалізації мініпластин

Так, наприклад, у віковій групі дітей 6-12 років при виборі таких локалізацій перелому, як в ділянці дистального кореня першого постійного моляра, через зачаток другого постійного моляра або кута нижньої щелепи та у групі 13-17 років – в ділянці другого постійного моляра, через зачаток третього постійного моляра або кута нижньої щелепи, можливі такі варіанти фіксації мініпластини: вздовж нижньої третини тіла та кута нижньої щелепи, на передній третині зовнішньої поверхні кута щелепи та вздовж зовнішньої косої лінії.

При цьому у групі дітей 13-17 років при виборі таких локалізацій перелому, як в ділянці постійного ікла, першого премоляра або другого премоляра, можливі наступні варіанти фіксації мініпластини: нижче ментального отвору або вище ментального отвору.

А при виборі у групі 13-17 років локалізацій перелому «В ділянці першого постійного моляра» можливі такі варіанти фіксації мініпластини, як в нижній третині тіла нижньої щелепи або в середній третині тіла нижньої щелепи.

Кожен окремий випадок має зображення з позначенням місця перелому й місцями встановлення гвинтів на тривимірній моделі та панорамній реконструкції комп'ютерної томографії.

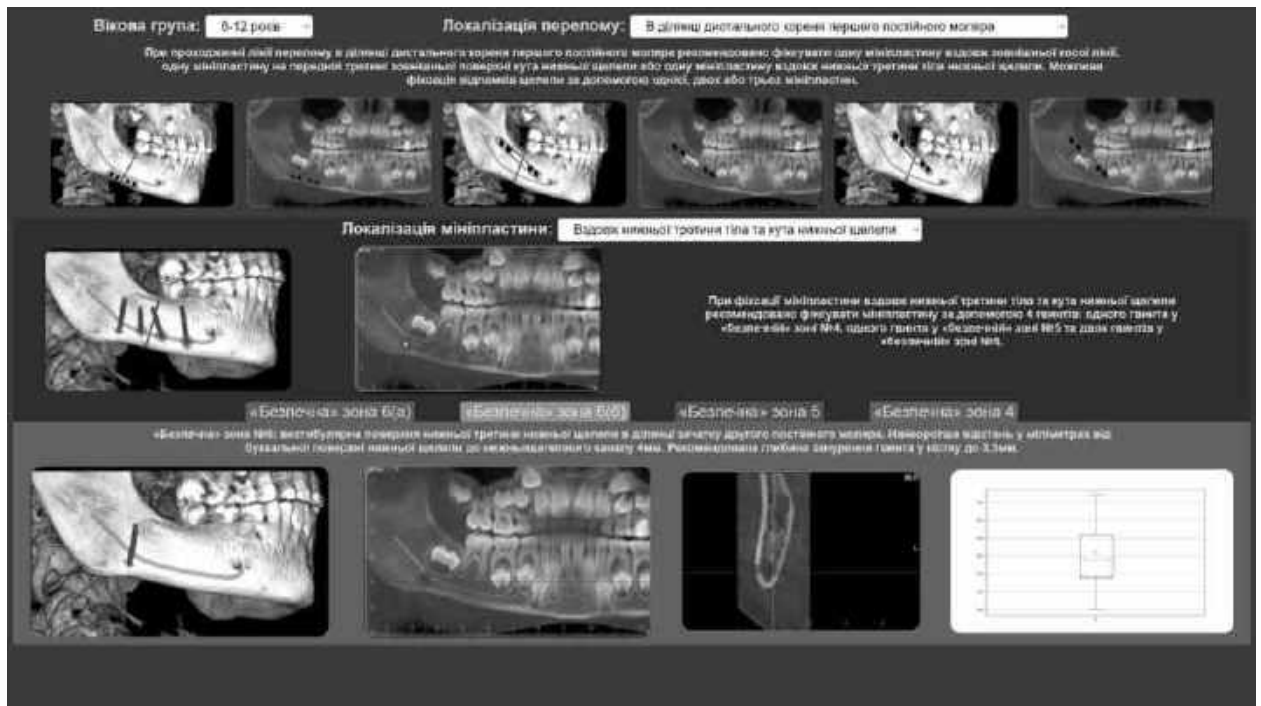


Рис. 4.50. Графічний вигляд ПЗ – панель з окремим описом місця встановлення гвинта для фіксації мініпластини

Нижче загальних зображень та рекомендацій щодо локалізації мініпластини знаходяться описи локалізації кожного місця встановлення гвинта для фіксації обраної мініпластини у вигляді панелі з вкладками. Розгортання панелі можна досягти натисненням на відповідну назву місця встановлення гвинта, як показано на рисунку 4.50.

У верхній частині панелі розміщується текстовий опис відповідного місця встановлення гвинта. Разом з тим, нижче можуть бути такі зображення з місцем встановлення гвинта, як:

- тривимірна модель;
- панорамна реконструкція комп'ютерної томографії;
- коронарна чи сагітальна орієнтація комп'ютерної томографії;
- графічне відображення статистичного аналізу виміру відстані до «критичного об'єкту» за допомогою діаграми розмаху.

Задля покращення візуального сприйняття можна застосовувати перегляд зображень в оригінальному розмірі. Для цього необхідно натиснути на бажане зображення, як показано на рисунку 4.51. Повернення до

перегляду повної інформації можна досягти натисненням на збільшене зображення.

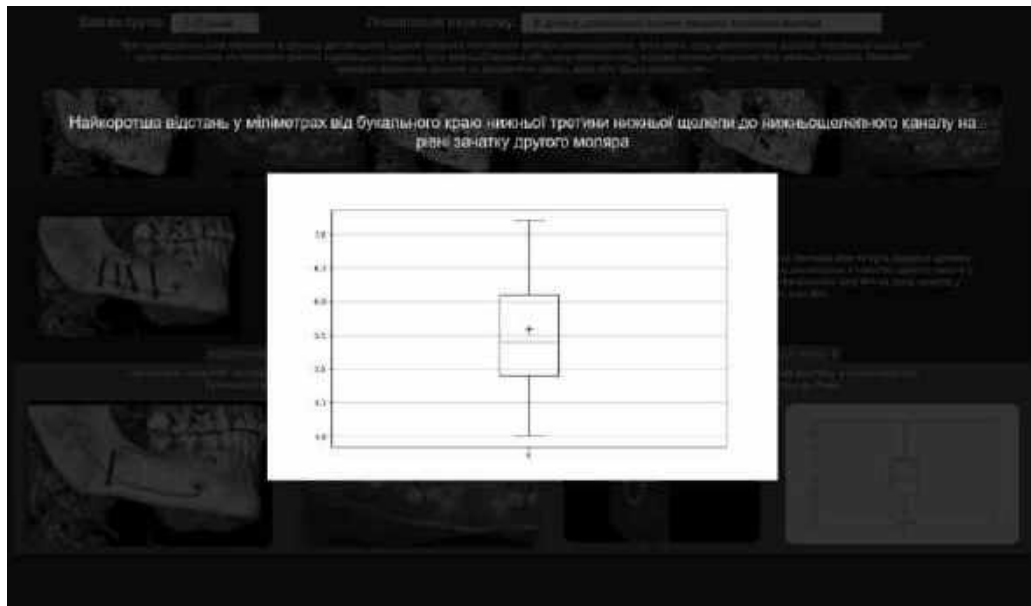


Рис. 4.51. Графічний вигляд ПЗ – приклад зображення в оригінальному розмірі

На рисунку 4.51 приведено графічне відображення статистичного аналізу виміру відстані до “критичного об’єкту” за допомогою діаграми розмаху. Над зображенням знаходиться опис вимірювання. По осі ординат відкладено значення відстані у міліметрах, а по осі абсцис порядковий номер “безпечної” зони. Прямокутною ділянкою на діаграмі позначено верхню та нижню межі підмножини вимірів у діапазоні 25% – 75% від множини вимірів. Верхньою та нижньою лініями поодаль прямокутної ділянки позначено максимум та мінімум множини вимірів відповідно. Червоною лінією позначено медіанне значення. Знаком «+» позначено середнє арифметичне значення.

Таким чином, за допомогою розробленої нами комп’ютерної програми при складанні плану хірургічного лікування перелому нижньої щелепи різної локалізації у дітей можна визначити “безпечні” місця для оптимальних варіантів розміщення мініпластин та встановлення гвинтів для їх фіксації з наочною візуалізацією, яка угруповує томографічні дослідження анатомо-

топографічних особливостей щелепного апарату дитини залежно від її віку. Розроблена програма дозволить оптимізувати роботу щелепно-лицевого хірурга та запобігти виникненню ускладнень при проведенні МОС у дітей різного віку.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

1. Встановлено оптимально “безпечну” зону та глибину занурення гвинтів для фіксації мініпластин у кісткову тканину нижньої щелепи при хірургічному лікуванні її перелому в різних ділянках у дітей в залежності від їх віку.

2. Проаналізовано ризики ускладнень при заглибленні мінігвинтів на 2 мм, 2,5 мм, 3 мм, 3,5 мм та 4 мм відповідно за допомогою застосованого емпіричного порогового методу аналізу даних із врахуванням меж 95% довірчого інтервалу відносної величини, який розраховувався за методом Клоппера-Пірсона.

3. Проведено аналіз регресійних лінійних моделей впливу віку пацієнтів на вимірювані анатомічні відстані та вдосконалено алгоритм вибору місця фіксації мініпластин при переломах нижньої щелепи у дітей з урахуванням не тільки локалізації перелому, а й віку дитини.

4. Розроблено ПЗ «Визначення місця для фіксації мініпластин у дітей при переломах нижньої щелепи» при складанні плану хірургічного лікування перелому нижньої щелепи різної локалізації у дітей з наочною візуалізацією для оптимізації роботи щелепно-лицевого хірурга та запобігання виникнення ускладнень при проведенні МОС.

Аналіз та порівняння отриманих результатів дослідження, що висвітлені в даному розділі.

Важливість правильного проведення МОС при лікуванні перелому нижньої щелепи у дітей обумовлена особливостями розвитку дитячого скелета, активним ростом та формуванням зубощелепної системи. Неточна фіксація кісткових фрагментів може призвести до порушення росту щелепи, формування деформацій та ускладнень у прикусі.

У зв'язку з цим нами були визначені нові оптимальні точки для фіксації мініпластин та безпечна глибина занурення гвинтів, що їх утримують, а також забезпечують надійну стабілізацію уламків без шкоди для зони росту та зачатків постійних зубів.

Визначення безпечної глибини занурення гвинтів. Наше дослідження вперше пропонує емпіричне визначення “безпечної” глибини занурення мінігвинтів у кісткову тканину дитячої нижньої щелепи з урахуванням вікових анатомічних особливостей. Методологія із застосуванням методу Клоппера-Пірсона для довірчих інтервалів забезпечує високий рівень статистичної точності, чого не зустрічається в попередніх дослідженнях, таких як *Kobayashi et al., 2010* (фокус на дорослих пацієнтах, глибина не стандартизована для вікових груп), *Gosain et al., 2008* (лише емпіричне визначення положення гвинтів без математичної верифікації).

На відміну від інших досліджень, нами запропоновано цифрові значення межі занурення гвинтів (2–4 мм) з аналізом ризику ускладнень. Також нами застосовано регресійний аналіз вікових змін анатомії в даному контексті та інтеграція лінійних регресійних моделей для обґрунтування вибору місця фіксації. Жодна із раніше опублікованих робіт (наприклад, *Posnick et al., 2009*) не включала математичну залежність анатомічних показників від віку дитини. Більшість підходів авторів були стандартизовані або вікові зміни описувались описово, без чисельних алгоритмів. Тому створений нами алгоритм є персоніфікованим і він враховує не лише місце перелому, а і вік, що має критичне значення для щелепно-лицевої хірургії дитячого віку.

Створення унікального програмного продукту. Комп'ютерна програма «Визначення місця для фіксації мініпластин у дітей при переломах нижньої щелепи» є першим інтерактивним засобом для клінічного планування фіксації переломів дитячої нижньої щелепи з візуалізацією. У літературі наявні лише CAD-моделі або окремі хірургічні навігаційні системи для дорослих (наприклад, *Choi et al., 2012*), але жодної спеціалізованої дитячої платформи немає. Застосування розробленої нами комп'ютерної програми

дозволяє мінімізувати ризики перфорації коренів і фолікулів зубів, автоматизувати процес вибору точок фіксації та створювати наочну візуалізацію для планування і навчання.

В представленій нижче таблиці 4.17 проведено порівняльний аналіз ключових параметрів нашого дослідження з найбільш цитованими сучасними науковими роботами у сфері лікування переломів нижньої щелепи у дітей.

Проводячи аналіз наведених даних в таблиці 4.17, слід зауважити, що наша робота має низку суттєвих переваг. Зокрема, на відміну від інших авторів, нами вперше запропоновано статистично вивірене обґрунтування максимально допустимої глибини занурення гвинтів, що базується на використанні методу Клоппера–Пірсона для розрахунку довірчих інтервалів. Більшість попередніх досліджень обмежувались описовими спостереженнями, не маючи кількісного обґрунтування меж безпечного занурення імплантів (Posnick, J. C. (2014).

Таблиця 4.17

Основні переваги нашого дослідження порівняно з іншими авторами

| Критерій | Роботи інших авторів (Posnick, J. C., 2014; Kaban, L. B., Troulis, M. J., 2004; van den Bergh, B., et al., 2018; Abliz, M., et al., 2019; Aizenbud, D., et al., 2020). | Наше дослідження |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Статистичне обґрунтування глибини гвинтів | Немає або описові спостереження | Так (Клоппер–Пірсон, довірчі інтервали) |
| Урахування віку при плануванні фіксації | Стандартизований підхід | Є (лінійна регресія, персоналізація) |
| Наявність власної комп'ютерної програми | Відсутня дитяча версія; лише CAD-моделі | Є, з візуалізацією та алгоритмом |
| Цільова група – діти | Найчастіше дорослі або змішане населення | Так (2–17 років, анатомічне зонування) |
| Валідація алгоритму | Валідація рідко застосовується | Так, емпірично і математично |

Крім того, у нашому алгоритмі враховано вікову залежність анатомічних структур, що реалізовано через побудову регресійних моделей і зональну класифікацію щелепи у дітей. Це є принциповою відмінністю від більшості сучасних методик, які або адаптують дані дорослих пацієнтів, або застосовують уніфікований підхід без персоніфікації.

Унікальною перевагою є створення власного програмного забезпечення з візуалізацією та автоматичним визначенням зон для фіксації мініпластин. На відміну від ізольованих CAD-моделей, авторське ПЗ має практичне клінічне застосування в реальному часі. Наша цільова вибірка чітко зосереджена на педіатричній популяції (віком 2–17 років), із врахуванням розвитку фолікулів постійних зубів і зон росту. Більшість наявних робіт, що стосуються МОС, ґрунтуються на дослідженнях у дорослих або не поділяють пацієнтів за віком (Kaban, L. V., Troulis, M. J., 2004; Abliz, M., et al., 2019; Aizenbud, D., et al., 2020).

Слід зауважити, що алгоритм нашої методики пройшов багаторівневу математичну валідацію, що забезпечує його надійність.

Таким чином, результати нашого дослідження не лише підтверджують безпечність та ефективність розробленої нами методики, а й демонструють її наукову і клінічну перевагу над існуючими стандартами лікування.

РОЗДІЛ 5

КЛІНІКО-БІОХІМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВДОСКОНАЛЕНОЇ МЕТОДИКИ ЛІКУВАННЯ ДІТЕЙ З ПЕРЕЛОМАМИ НИЖНЬОЇ ЩЕЛЕПИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЗАПРОПОНОВАНИХ МЕТОДІВ ФІКСАЦІЇ

МОС при переломах нижньої щелепи у дітей потребує врахування особливостей росту та розвитку щелепно-лицевого апарату [4,100-105]. При лікуванні переломів нижньої щелепи різної локалізації у дітей необхідно пам'ятати, що неточна фіксація кісткових фрагментів може призвести до порушення росту щелепи, формування деформацій та ускладнень у прикусі. Тому отримані нами результати біомеханічного дослідження, а саме, математичного моделювання для скінченно-елементного аналізу дослідження напружено-деформованого стану фіксуєчих пластин, гвинтів, що їх утримують та безпосередньо кістки у зоні локалізації травматичного перелому нижньої щелепи, а також визначення “безпечних” зон та глибини занурення гвинтів у кісткову тканину при фіксації мініпластин за допомогою емпіричного порогового методу, аналізу даних регресійних лінійних моделей впливу віку пацієнтів на вимірювані анатомічні відстані та розробленої комп'ютерної програми у дітей з переломом нижньої щелепи різної локалізації, дозволили визначити та вдосконалити алгоритм вибору оптимального місця фіксації мініпластин для кожної вікової групи з метою оптимізації проведення МОС.

Так, при лікуванні перелому нижньої щелепи у *віковій групі дітей 1-5 років* нами були визначені наступні “безпечні” зони для фіксації мініпластин та глибини занурення гвинтів, що їх утримують:

- «безпечна» зона № 1 – вестибулярна поверхня нижньої третини нижньої щелепи в ділянці зачатку першого постійного різця. Найкоротша відстань у міліметрах від нижнього краю нижньої щелепи до верхівок коренів перших

постійних різців становить 7,6 мм. Рекомендована глибина занурення гвинта у кістку – до 4 мм;

- «безпечна» зона № 2 – вестибулярна поверхня нижньої третини нижньої щелепи в ділянці зачатку другого постійного різця. Найкоротша відстань у міліметрах від нижнього краю нижньої щелепи до верхівок коренів других постійних різців – 7,3 мм. Рекомендована глибина занурення гвинта у кістку – до 4 мм;

- «безпечна» зона № 3 – вестибулярна поверхня нижньої третини нижньої щелепи в ділянці зачатку першого премоляра, нижче ментального отвору. Найкоротша відстань у міліметрах від нижнього краю нижньої щелепи до петлі нижньощелепного каналу складає 3,7 мм. Рекомендована глибина занурення гвинта у кістку до 4 мм;

- «безпечна» зона № 4 – вестибулярна поверхня нижньої третини нижньої щелепи в ділянці між зачатками першого та другого премолярів. Найкоротша відстань у міліметрах від буккальної поверхні нижньої щелепи до нижньощелепного каналу 2,8 мм. Рекомендована глибина занурення гвинта у кістку до 2,5 мм;

- «безпечна» зона № 5 – вестибулярна поверхня нижньої третини нижньої щелепи в ділянці між зачатками першого премоляра та зачатком першого постійного моляра. Найкоротша відстань у міліметрах від буккальної поверхні нижньої щелепи до нижньощелепного каналу становить 3 мм. Рекомендована глибина занурення гвинта у кістку – до 2,5 мм;

- «безпечна» зона № 6 – вестибулярна поверхня нижньої третини нижньої щелепи в дистального кореня першого постійного моляра. Найкоротша відстань у міліметрах від буккальної поверхні нижньої щелепи до нижньощелепного каналу – 2,5 мм. Рекомендована глибина занурення гвинта у кістку до 2,0 мм;

- «безпечна» зона № 7 – вестибулярна поверхня нижньої третини нижньої щелепи в ділянці кута нижньої щелепи. Найкоротша відстань у міліметрах

від нижнього краю нижньої щелепи до нижньощелепного каналу складає 6,8 мм. Рекомендована глибина занурення гвинта у кістку – до 4 мм.

При проходженні лінії перелому через зачаток першого постійного різця у **віковій групі дітей 1-5 років** нами рекомендовано фіксувати мініпластину за допомогою чотирьох гвинтів: трьох гвинтів у «безпечній» зоні №2 та одного гвинта у «безпечній» зоні №1.

При проходженні лінії перелому через зачаток другого постійного різця безпечно фіксувати мініпластину за допомогою чотирьох гвинтів: двох гвинтів у «безпечній» зоні №1, одного гвинта у «безпечній» зоні №2 та одного гвинта у «безпечній» зоні №3.

При проходженні лінії перелому через зачаток постійного ікла безпечніше фіксувати мініпластину за допомогою чотирьох гвинтів: одного гвинта у «безпечній» зоні №1, одного гвинта у «безпечній» зоні №2, одного гвинта у «безпечній» зоні №3 та одного гвинта у «безпечній» зоні №4.

При проходженні лінії перелому через зачаток першого премоляра необхідно фіксувати мініпластину за допомогою чотирьох гвинтів: одного гвинта у «безпечній» зоні №1, одного гвинта у «безпечній» зоні №2, одного гвинта у «безпечній» зоні №4 та одного гвинта у «безпечній» зоні №5.



Рис 5.1. Скан КПКТ дитини чотирьох років. Лінія перелому проходить через зачаток першого постійного різця. «Безпечна» зона №1



Рис 5.2. Скан КПКТ дитини чотирьох років. Лінія перелому проходить через зачаток першого постійного різця. «Безпечна» зона №2



Рис 5.3. Скан КПКТ дитини чотирьох років. Лінія перелому проходить через зачаток другого постійного різця. «Безпечна» зона №1



Рис 5.4. Скан КПКТ дитини чотирьох років. Лінія перелому проходить через зачаток другого постійного різця. «Безпечна» зона №2



Рис 5.5. Лінія перелому проходить через зачаток другого постійного різця. «Безпечна» зона №3



Рис 5.6. Скан КПКТ дитини чотирьох років. Лінія перелому проходить через зачаток постійного ікла. «Безпечна» зона №1



Рис 5.7. Скан КПКТ дитини чотирьох років. Лінія перелому проходить через зачаток постійного ікла. «Безпечна» зона №2



Рис 5.8. Скан КПКТ дитини чотирьох років. Лінія перелому проходить через зачаток постійного ікла. «Безпечна» зона №3



Рис 5.9. Скан КПКТ дитини чотирьох років. Лінія перелому проходить через зачаток постійного ікла. «Безпечна» зона №4



Рис 5.10. Скан КПКТ дитини чотирьох років. Лінія перелому проходить через зачаток першого премоляра. «Безпечна» зона №1



Рис 5.11. Скан КПКТ дитини чотирьох років. Лінія перелому проходить через зачаток першого премоляра. «Безпечна» зона №2



Рис 5.12. Скан КПКТ дитини чотирьох років. Лінія перелому проходить через зачаток першого премоляра. «Безпечна» зона №4



Рис 5.13. Скан КПКТ дитини чотирьох років. Лінія перелому проходить через зачаток першого премоляра. «Безпечна» зона №5

При проходженні лінії перелому через зачаток другого премоляра рекомендовано фіксувати мініпластину за допомогою чотирьох гвинтів: одного гвинта у «безпечній» зоні №3, одного гвинта у «безпечній» зоні №4, одного гвинта у «безпечній» зоні №5 та одного гвинта у «безпечній» зоні №6.

При проходженні лінії перелому через зачаток першого постійного моляра – фіксувати мініпластину за допомогою чотирьох гвинтів: одного гвинта у «безпечній» зоні №4, одного гвинта у «безпечній» зоні №5 та двох гвинтів у «безпечній» зоні №7.

При проходженні лінії перелому в ділянці кута нижньої щелепи краще фіксувати мініпластину за допомогою чотирьох гвинтів: одного гвинта у «безпечній» зоні №5, одного гвинта у «безпечній» зоні №6 та двох гвинтів у «безпечній» зоні №7.



Рис 5.14. Скан КПКТ дитини чотирьох років. Лінія перелому проходить через зачаток другого премоляра. «Безпечна» зона №3



Рис 5.15. Скан КПКТ дитини чотирьох років. Лінія перелому проходить через зачаток другого премоляра. «Безпечна» зона №4



Рис 5.16. Лінія перелому проходить через зачаток другого премоляра. «Безпечна» зона №5



Рис 5.17. Скан КПКТ дитини чотирьох років. Лінія перелому проходить через зачаток другого премоляра. «Безпечна» зона №6



Рис 5.18. Скан КПКТ дитини чотирьох років. Лінія перелому проходить через зачаток першого постійного моляра. «Безпечна» зона №4



Рис 5.19. Скан КПКТ дитини чотирьох років. Лінія перелому проходить через зачаток першого постійного моляра. «Безпечна» зона №5

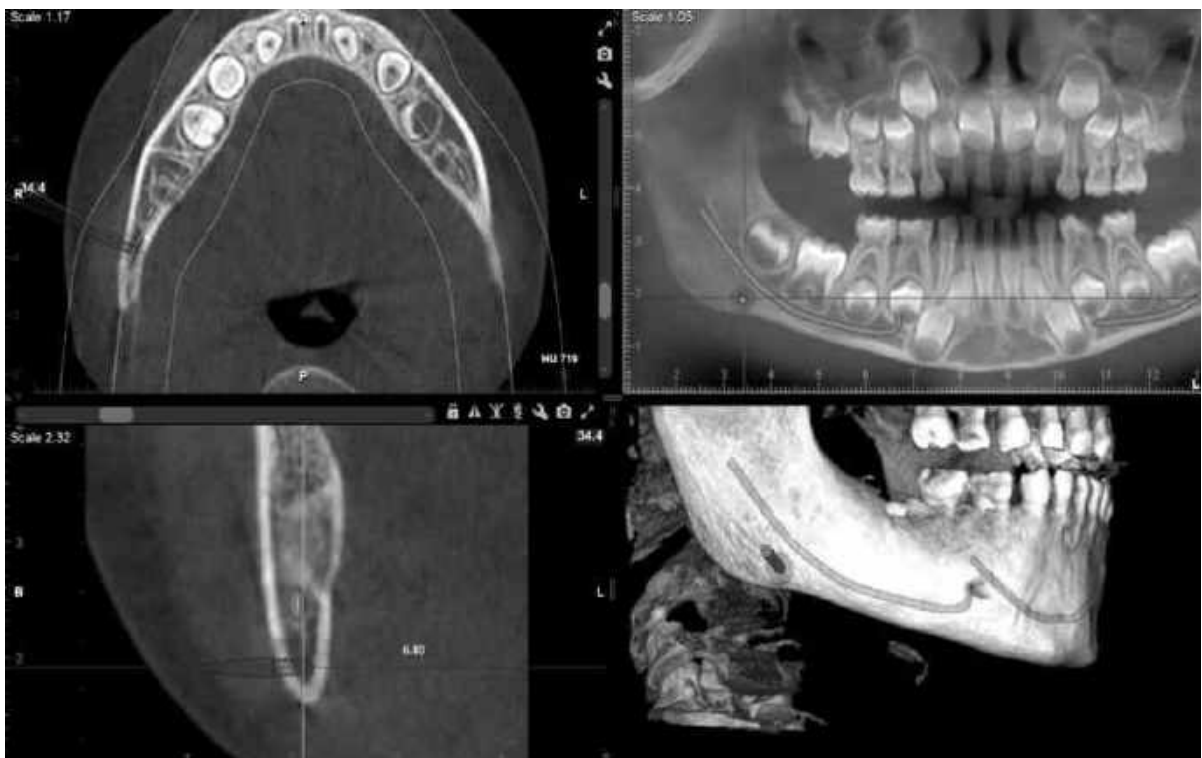


Рис 5.20. Скан КПКТ дитини чотирьох років. Лінія перелому проходить через зачаток першого постійного моляра. «Безпечна» зона №7



Рис 5.21. Скан КПКТ дитини чотирьох років. Лінія перелому в ділянці кута нижньої щелепи. «Безпечна» зона №5



Рис 5.22. Скан КПКТ дитини чотирьох років. Лінія перелому в ділянці кута нижньої щелепи. «Безпечна» зона №6



Рис 5.23. Скан КПКТ дитини чотирьох років. Лінія перелому в ділянці кута нижньої щелепи. «Безпечна» зона №7

При переломах в ділянці виросткового відростка нижньої щелепи необхідно фіксувати одну або декілька мініпластин вздовж гілки нижньої щелепи, паралельно ходу нижньощелепного каналу. Рекомендована глибина заглиблення гвинтів до 4 мм.



Рис 5.24. Скан КПКТ дитини чотирьох років. Лінія перелому в ділянці виросткового відростку нижньої щелепи

У віковій групі дітей 6-12 років нами було визначено 10 “безпечних” зон для фіксації мініпластин при хірургічному лікуванні перелому нижньої щелепи шляхом МОС:

- «безпечна» зона №1 – вестибулярна поверхня нижньої третини нижньої щелепи в ділянці першого постійного різця. Найкоротша відстань у міліметрах від нижнього краю нижньої щелепи до верхівок коренів перших постійних різців складає 9 мм. Рекомендована глибина занурення гвинта у кістку до 4 мм;

- «безпечна» зона №2 – вестибулярна поверхня нижньої третини нижньої щелепи в ділянці другого постійного різця. Найкоротша відстань у міліметрах від нижнього краю нижньої щелепи до верхівок коренів других постійних різців складає 5 мм. Рекомендована глибина занурення гвинта у кістку – до 4 мм;

- «безпечна» зона №3 – вестибулярна поверхня нижньої третини нижньої щелепи в ділянці зачатку першого премоляра, нижче ментального отвору. Найкоротша відстань у міліметрах від нижнього краю нижньої щелепи до петлі нижньощелепного каналу становить 4,2 мм. Рекомендована глибина занурення гвинта у кістку – до 4 мм;

- «безпечна» зона №4 – вестибулярна поверхня нижньої третини нижньої щелепи в ділянці між зачатком другого премоляра та коренями першого постійно моляра. Найкоротша відстань у міліметрах від буккальної поверхні нижньої щелепи до нижньощелепного каналу 4,1 мм. Рекомендована глибина занурення гвинта у кістку до 3 мм;

- «безпечна» зона №5 – вестибулярна поверхня нижньої третини нижньої щелепи в першого постійного моляра. Найкоротша відстань у міліметрах від буккальної поверхні нижньої щелепи до нижньощелепного каналу складає 3,22 мм. Рекомендована глибина занурення гвинта у кістку – до 3мм;

- «безпечна» зона №6 – вестибулярна поверхня нижньої третини нижньої щелепи в ділянці зачатку другого постійного моляра. Найкоротша відстань у міліметрах від буккальної поверхні нижньої щелепи до нижньощелепного

каналу – 4 мм. Рекомендована глибина занурення гвинта у кістку – до 3,5 мм;

- «безпечна» зона №7 – вестибулярна поверхня середньої третини нижньої щелепи в ділянці між зачатком другого премоляра та мезіальним коренем першого постійного моляра. Рекомендована глибина занурення гвинта у кістку – до 4 мм;

- «безпечна» зона №8 – вестибулярна поверхня середньої третини нижньої щелепи в ділянці між коренями першого постійного моляра. Рекомендована глибина занурення гвинта у кістку до 4 мм;

- «безпечна» зона №9 – вестибулярна поверхня середньої третини нижньої щелепи в ділянці дистального кореня першого постійного моляра. Найкоротша відстань від вестибулярної поверхні нижньої щелепи до кореня першого постійного моляра у цій ділянці становить 3,3 мм. Рекомендована глибина занурення гвинта у кістку – до 3 мм;

- «безпечна» зона №10 – ділянка зовнішньої косої лінії нижньої щелепи дистальніше зачатку другого постійного моляра. Найбільша відстань від дистальної поверхні шийки першого постійного моляра до дистального краю зачатку другого постійного моляра становить 11 мм, а найкоротша відстань від зовнішньої косої лінії до зачатку третього постійного моляра (у випадку його наявності) – 3,4 мм. Рекомендована глибина занурення гвинта у кістку у випадку наявності зачатку третього постійного моляра до 3мм, у випадку його відсутності – до 5 мм.

При проходженні лінії перелому *у дітей 6-12 років* в ділянці першого постійного різця нами встановлено, що краще фіксувати мініпластину за допомогою чотирьох гвинтів: двох гвинтів у «безпечній» зоні №2, одного гвинта у «безпечній» зоні №1 та одного гвинта у «безпечній» зоні №3.

При проходженні лінії перелому в ділянці другого постійного різця рекомендовано фіксувати мініпластину за допомогою чотирьох гвинтів: двох гвинтів у «безпечній» зоні №1, одного гвинта у «безпечній» зоні №3 та одного гвинта у «безпечній» зоні №4.

При проходженні лінії перелому в ділянці постійного ікла необхідно фіксувати мініпластину за допомогою чотирьох гвинтів: одного гвинта у «безпечній» зоні №1, одного гвинта у «безпечній» зоні №2, одного гвинта у «безпечній» зоні №3 та одного гвинта у «безпечній» зоні №4.



Рис 5.25. Скан КПКТ дитини шести років. Лінія перелому проходить в ділянці першого постійного різця. «Безпечна зона №1»

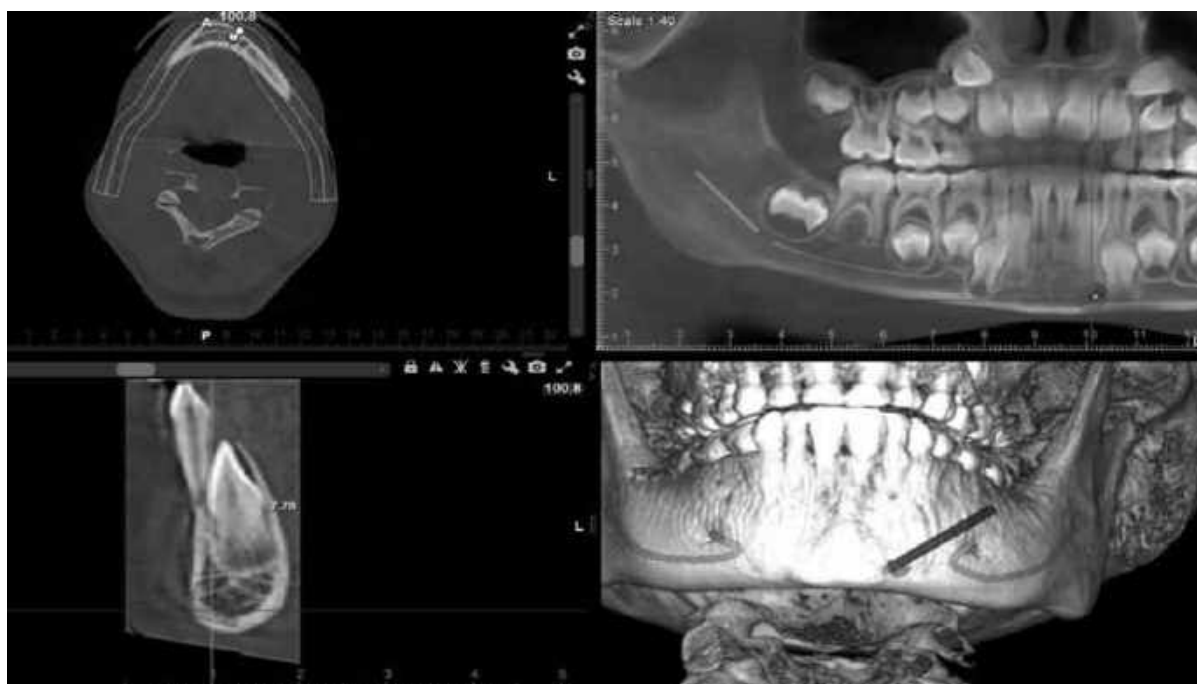


Рис 5.26. Скан КПКТ дитини шести років. Лінія перелому проходить в ділянці першого постійного різця. «Безпечна зона №2»

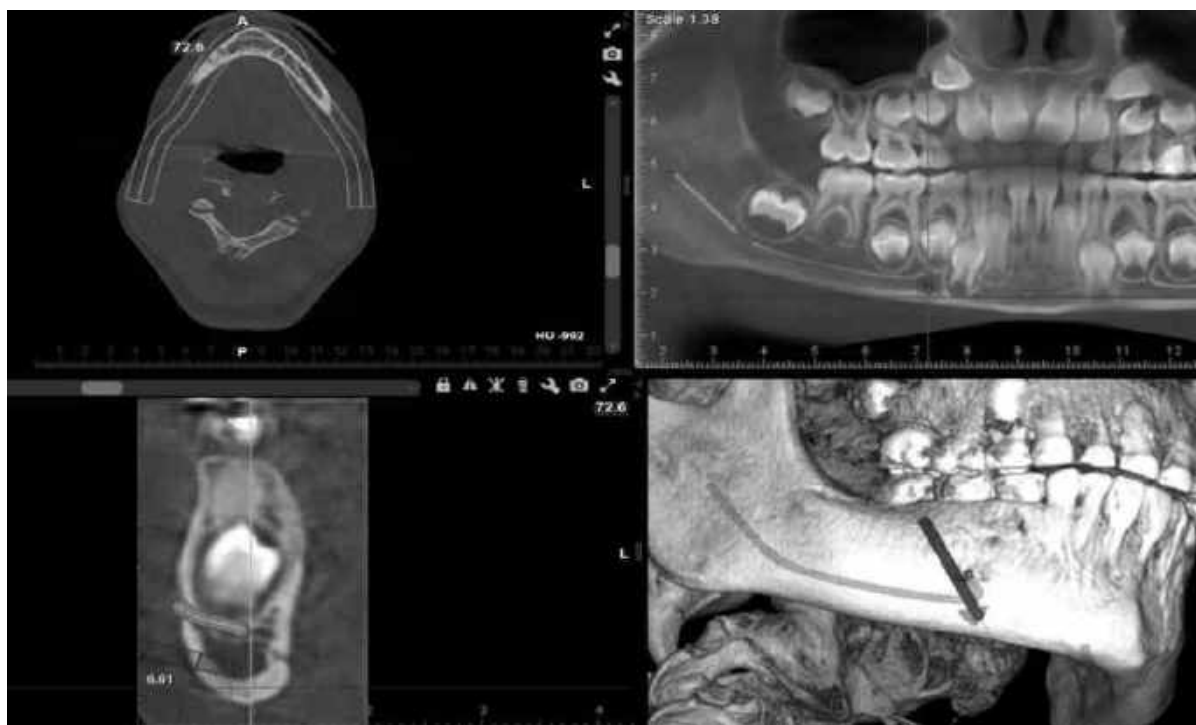


Рис 5.27. Скан КПКТ дитини шести років. Лінія перелому проходить в ділянці першого постійного різця. «Безпечна зона №3»

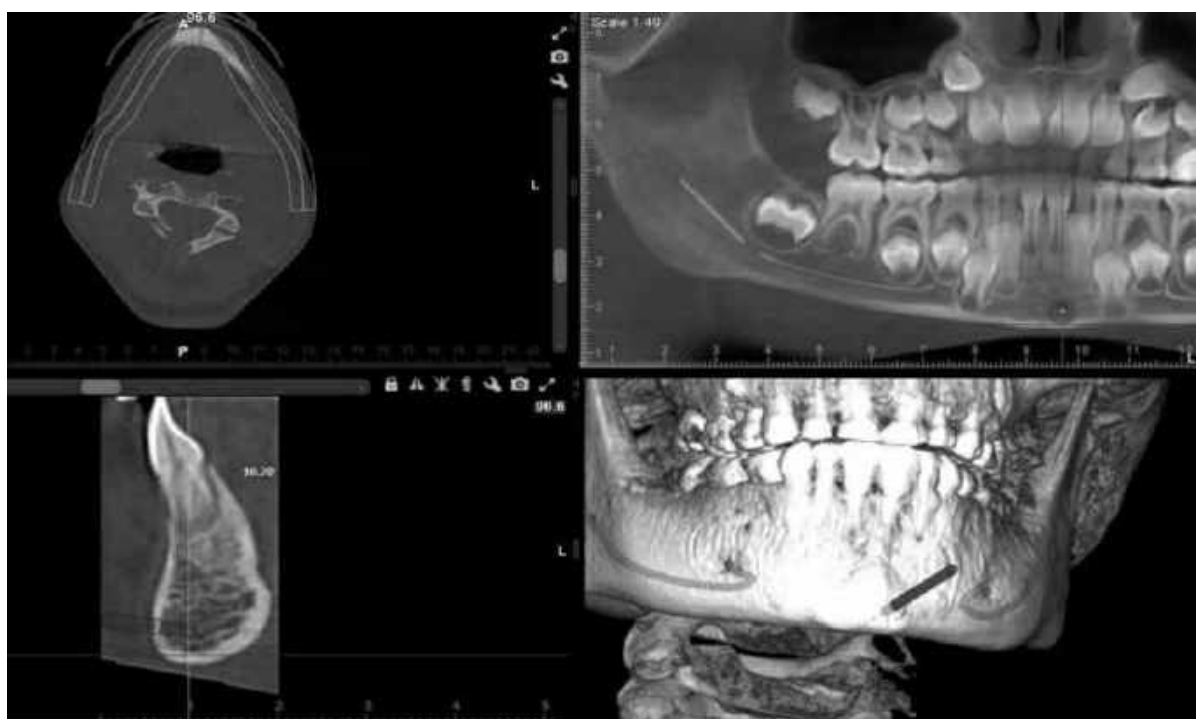


Рис 5.28. Скан КПКТ дитини шести років. Лінія перелому проходить в ділянці другого постійного різця. «Безпечна зона №1»

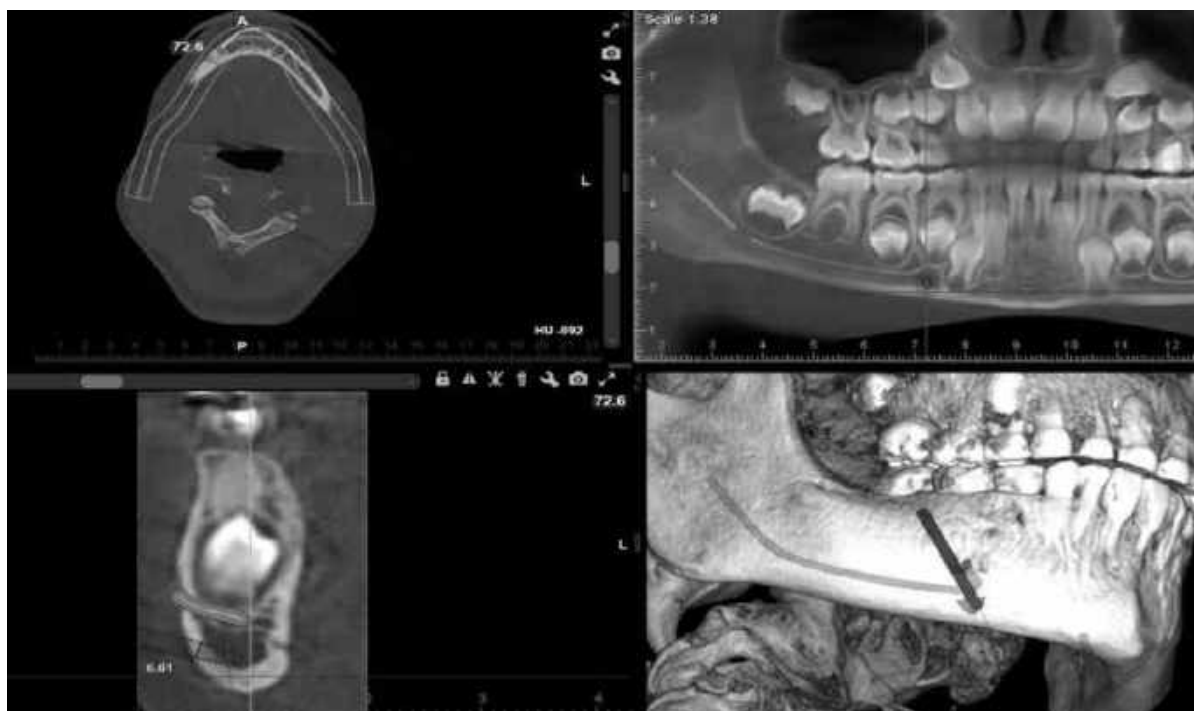


Рис 5.29. Скан КПКТ дитини шести років. Лінія перелому проходить в ділянці другого постійного різця. «Безпечна зона №3»

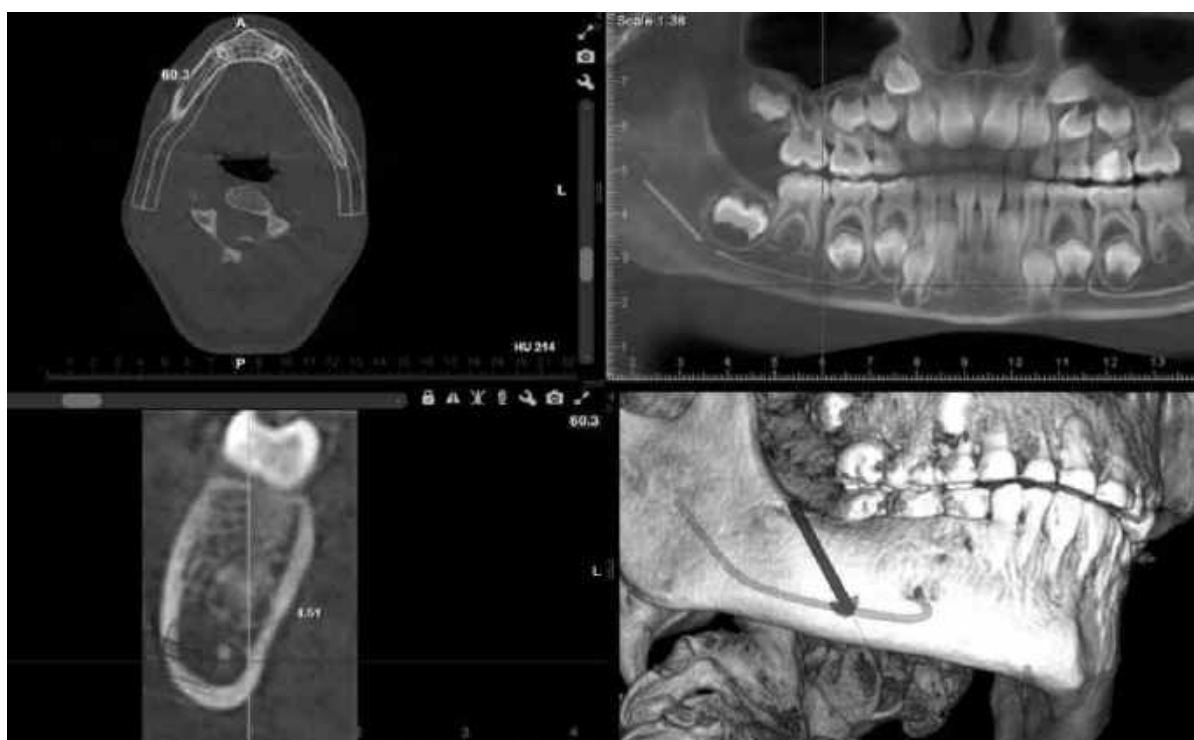


Рис 5.30. Скан КПКТ дитини шести років. Лінія перелому проходить в ділянці другого постійного різця. «Безпечна зона №4»

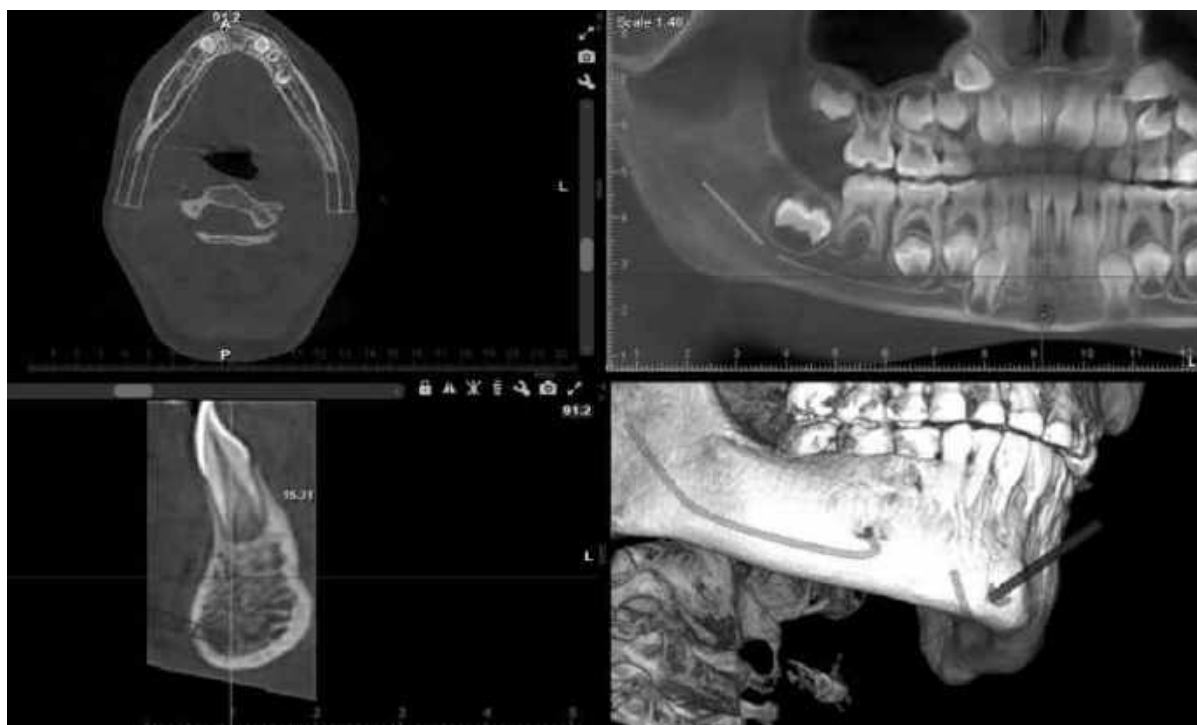


Рис 5.31. Скан КПКТ дитини шести років. Лінія перелому проходить в ділянці постійного ікла. «Безпечна зона №1»

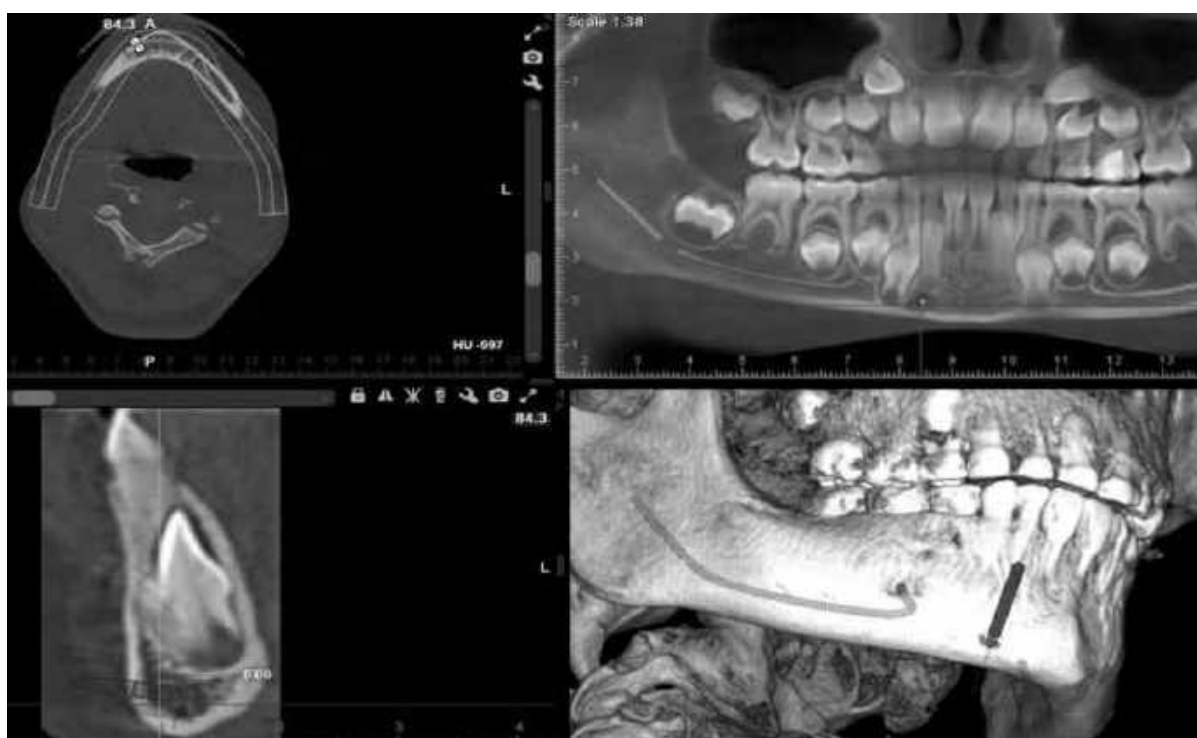


Рис 5.32. Скан КПКТ дитини шести років. Лінія перелому проходить в ділянці постійного ікла. «Безпечна зона №2»

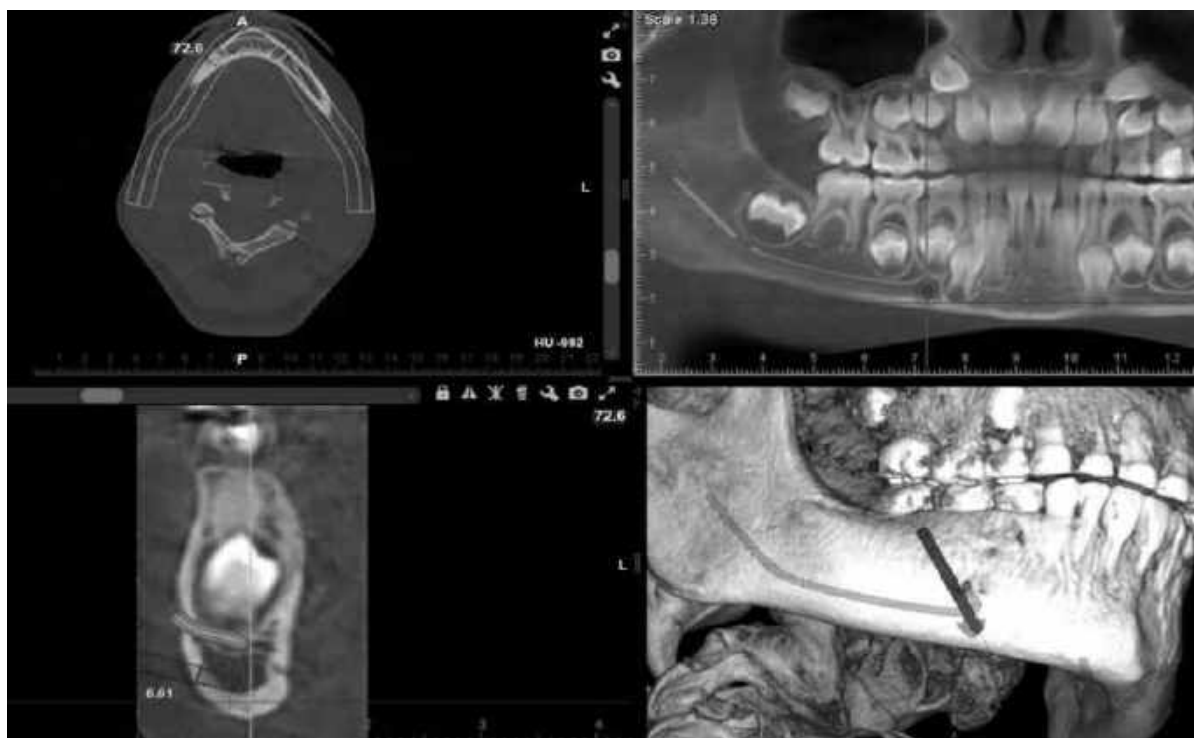


Рис 5.33. Скан КПКТ дитини шести років. Лінія перелому проходить в ділянці постійного ікла. «Безпечна зона №3»



Рис 5.34. Скан КПКТ дитини шести років. Лінія перелому проходить в ділянці постійного ікла. «Безпечна зона №4»

При проходженні лінії перелому в ділянці першого премоляра безпечно фіксувати мініпластину за допомогою чотирьох гвинтів: одного гвинта у «безпечній» зоні №1, одного гвинта у «безпечній» зоні №2, одного гвинта у «безпечній» зоні №4 та одного гвинта у «безпечній» зоні №5.

При проходженні лінії перелому в ділянці другого премоляра рекомендовано фіксувати мініпластину за допомогою чотирьох гвинтів: одного гвинта у «безпечній» зоні №2, одного гвинта у «безпечній» зоні №3, одного гвинта у «безпечній» зоні №4 та одного гвинта у «безпечній» зоні №5.

При проходженні лінії перелому в ділянці мезіального кореня першого постійного моляра безпечно фіксувати мініпластину за допомогою чотирьох гвинтів: одного гвинта у «безпечній» зоні №3, одного гвинта у «безпечній» зоні №4, одного гвинта у «безпечній» зоні №5 та одного гвинта у «безпечній» зоні №6.

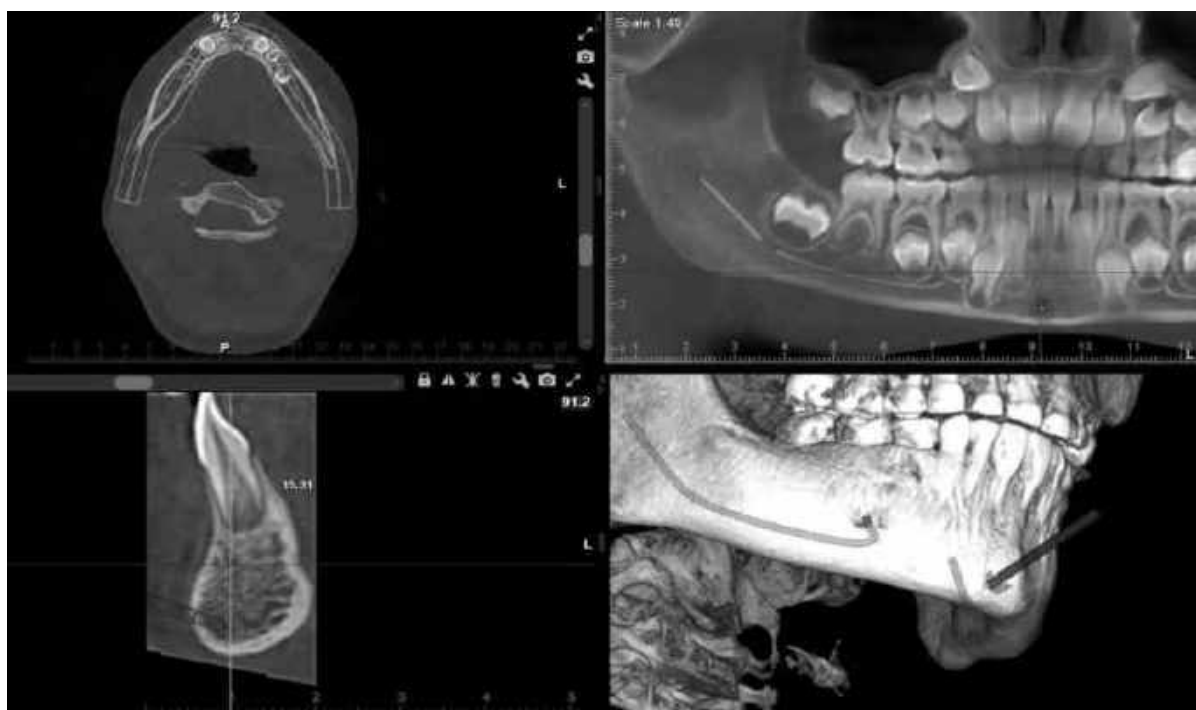


Рис 5.35. Скан КПКТ дитини шести років. Лінія перелому проходить в ділянці першого премоляра. «Безпечна зона №1»

При проходженні лінії перелому в ділянці дистального кореня першого постійного моляра рекомендовано фіксувати одну мініпластину вздовж

зовнішньої косої лінії, одну мініпластину на передній третині зовнішньої поверхні кута нижньої щелепи або одну мініпластину вздовж нижньої третини тіла нижньої щелепи. Можлива фіксація відламків щелепи за допомогою однієї, двох або трьох мініпластин.

При фіксації мініпластини вздовж нижньої третини тіла та кута нижньої щелепи найдоцільніше фіксувати мініпластину за допомогою 4 гвинтів: одного гвинта у «безпечній» зоні №4, одного гвинта у «безпечній» зоні №5 та двох гвинтів у «безпечній» зоні №6.

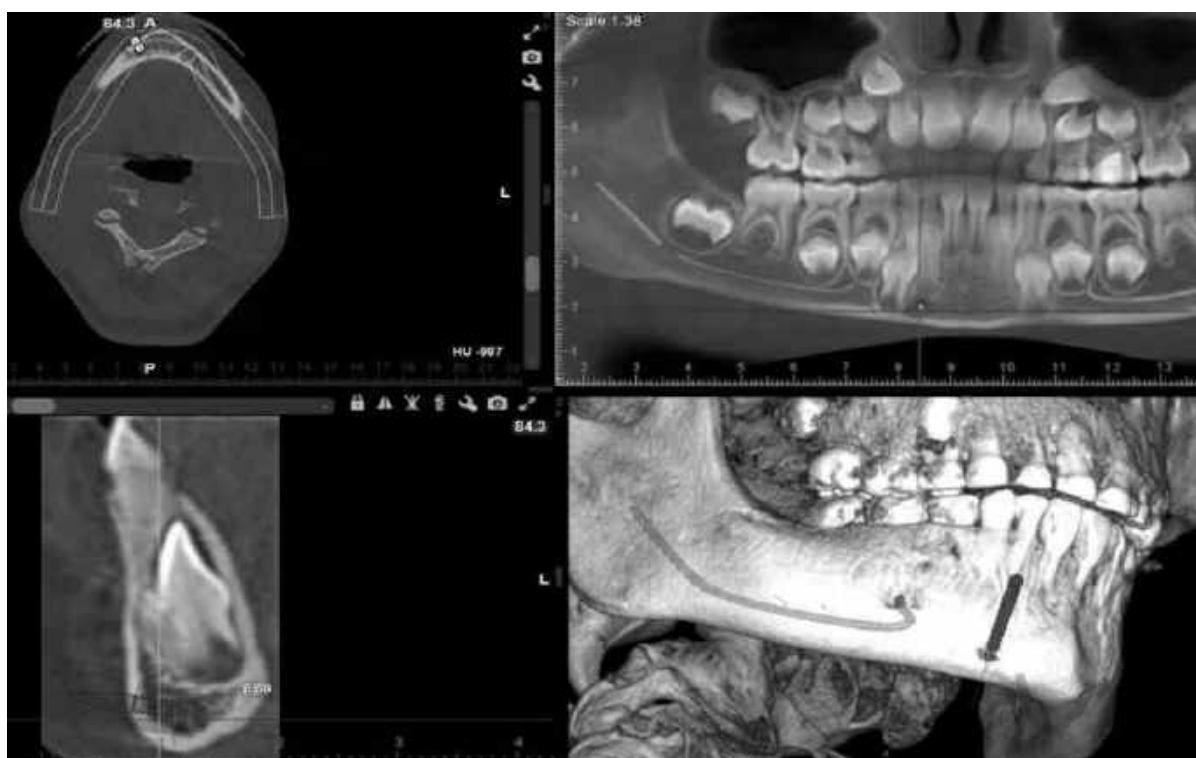


Рис 5.36. Скан КПКТ дитини шести років. Лінія перелому проходить в ділянці першого премоляра. «Безпечна зона №2»

При фіксації мініпластини на передній третині зовнішньої поверхні кута щелепи безпечно фіксувати за допомогою чотирьох гвинтів: одного гвинта у «безпечній» зоні №7, одного гвинта у «безпечній» зоні №8 та двох гвинтів у «безпечній» зоні №10.



Рис 5.37. Скан КПКТ дитини шести років. Лінія перелому проходить в ділянці першого премоляра. «Безпечна зона №4»

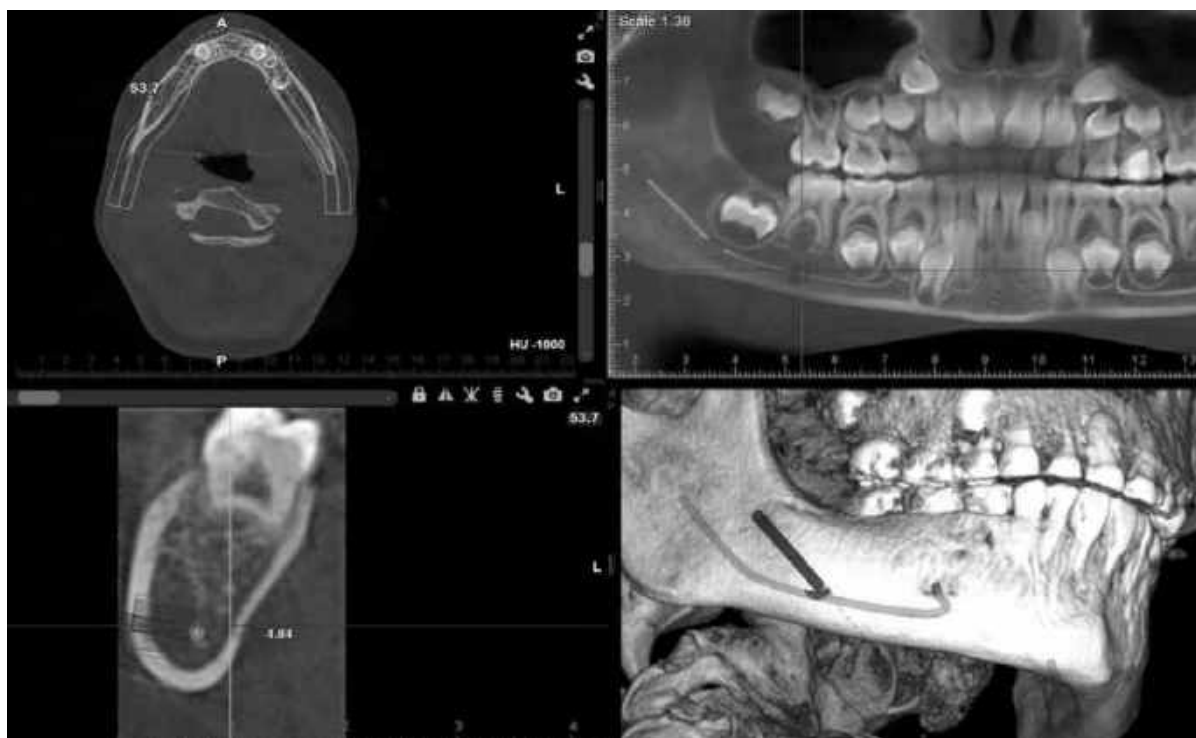


Рис 5.38. Скан КПКТ дитини шести років. Лінія перелому проходить в ділянці першого премоляра. «Безпечна зона №5»

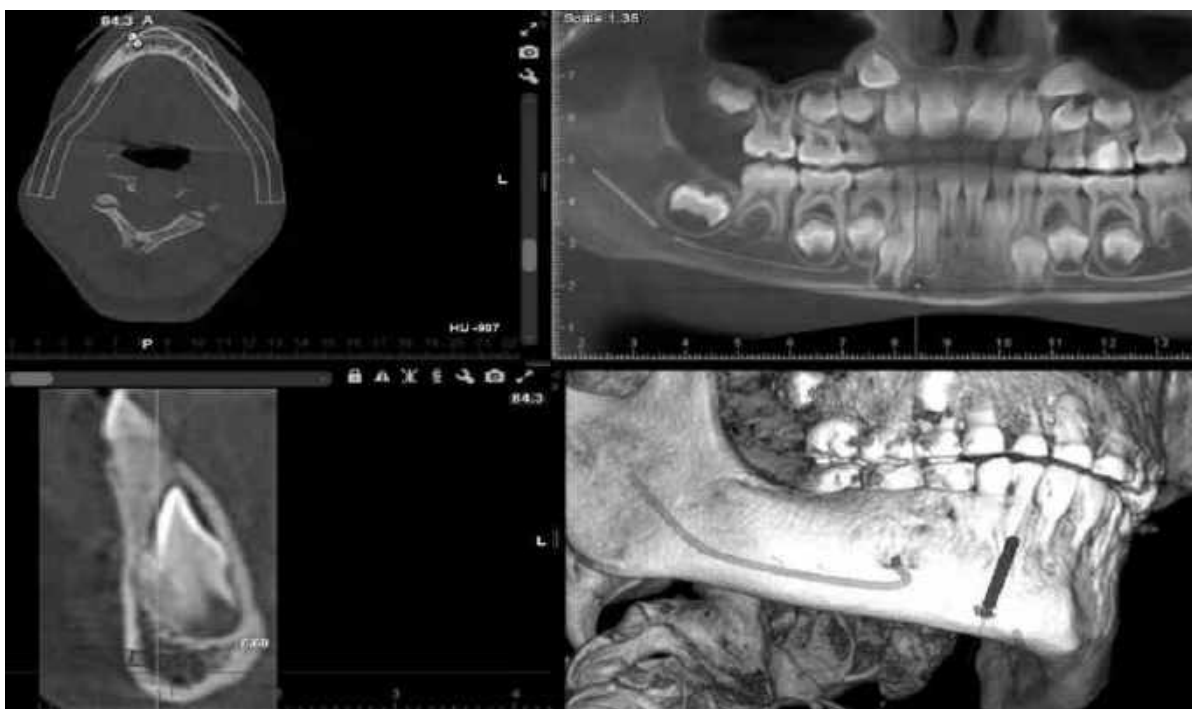


Рис 5.39. Скан КПКТ дитини шести років. Лінія перелому проходить в ділянці другого премоляра. «Безпечна зона №2»

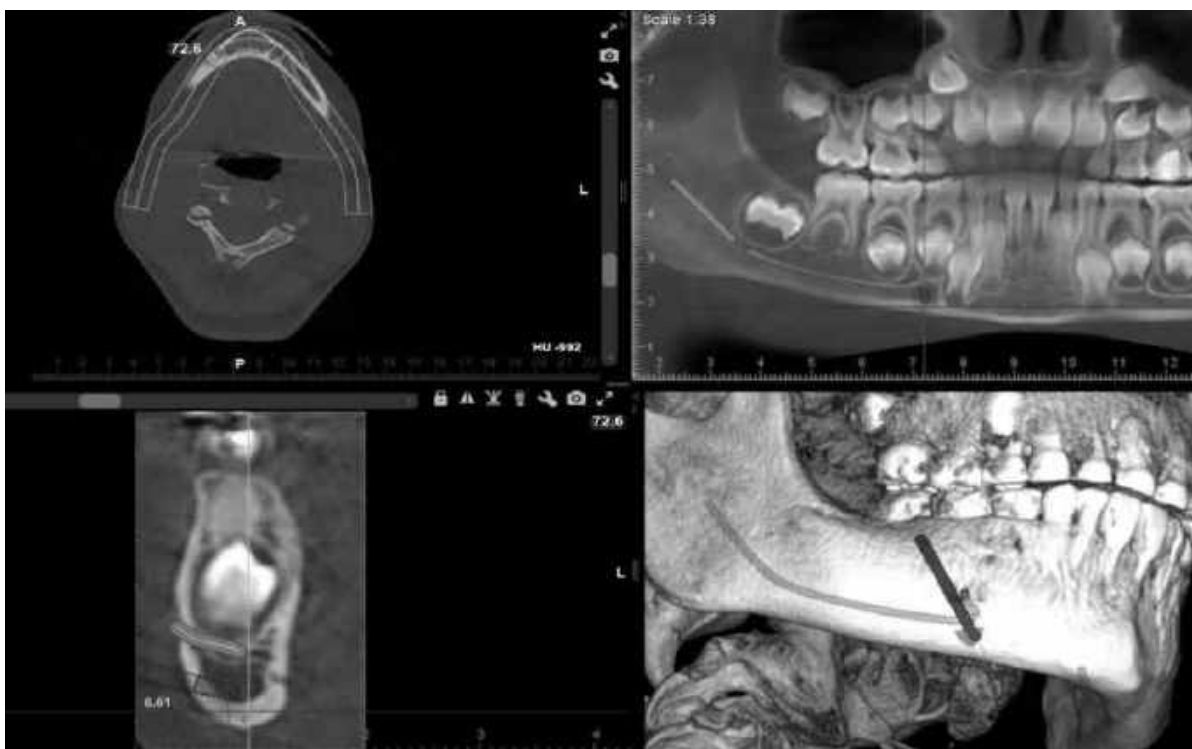


Рис 5.40. Скан КПКТ дитини шести років. Лінія перелому проходить в ділянці другого премоляра. «Безпечна зона №3»



Рис 5.41. Скан КПКТ дитини шести років. Лінія перелому проходить в ділянці другого премоляра. «Безпечна зона №4»

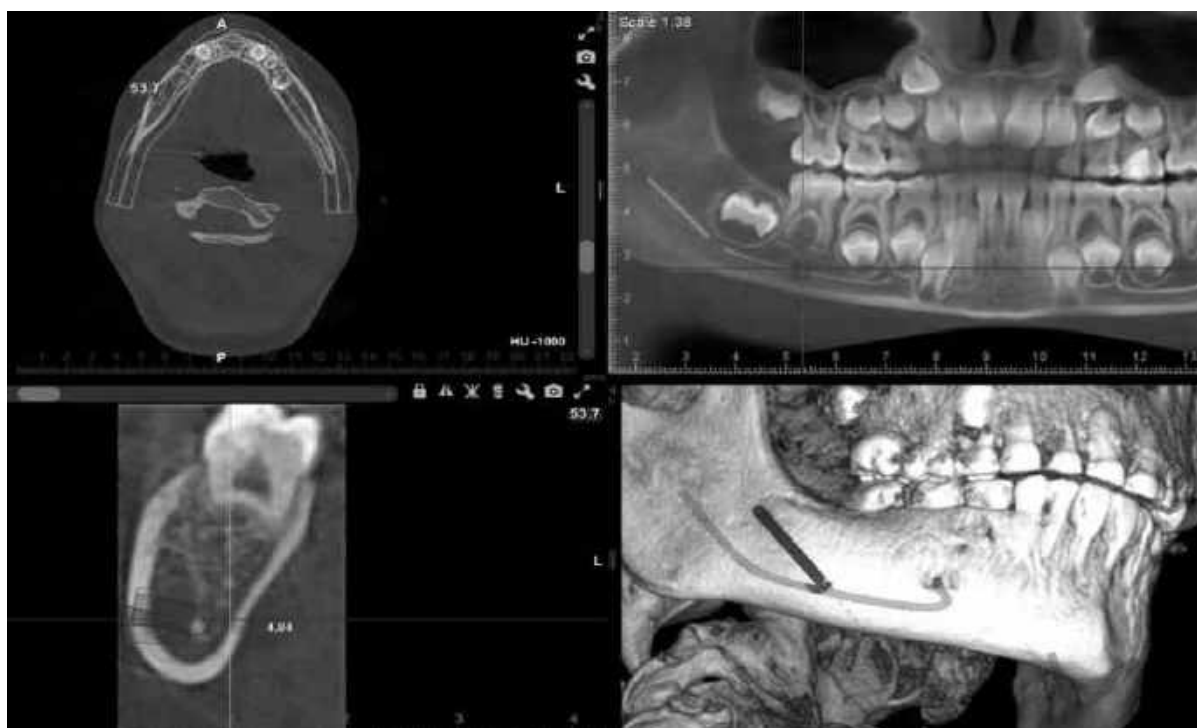


Рис 5.42. Скан КПКТ дитини шести років. Лінія перелому проходить в ділянці другого премоляра. «Безпечна зона №5»

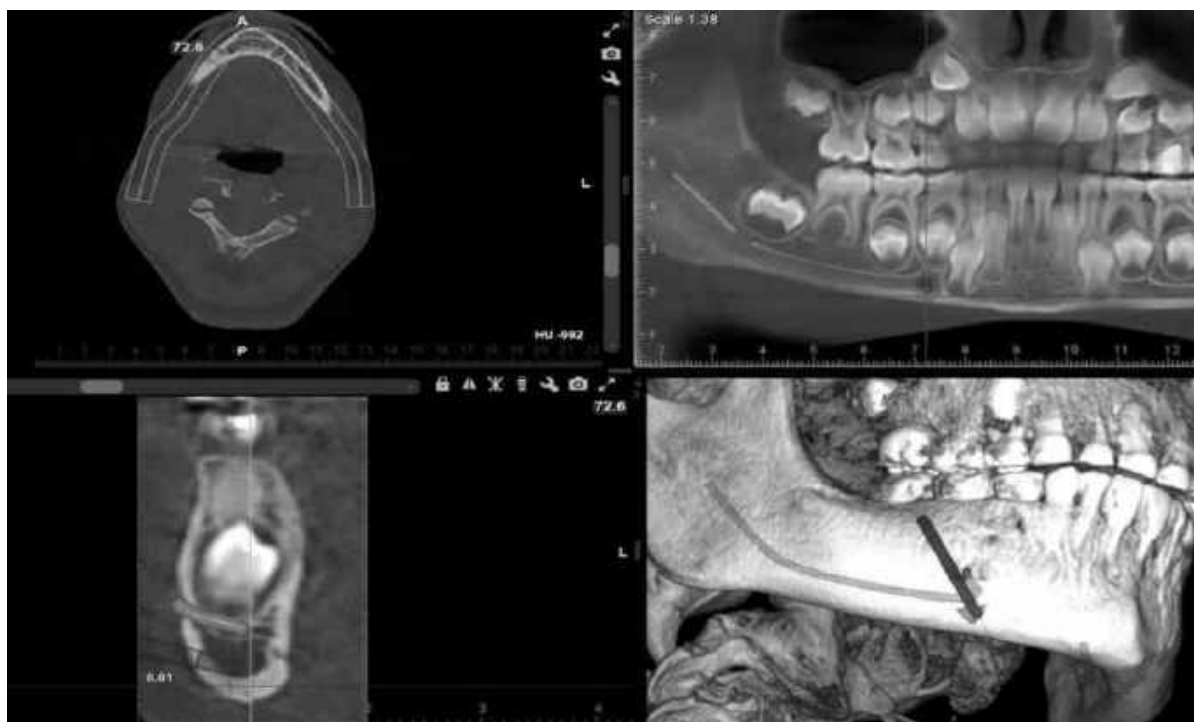


Рис 5.43. Скан КПКТ дитини шести років. Лінія перелому проходить в ділянці мезіального кореня першого постійного моляра. «Безпечна зона №3»

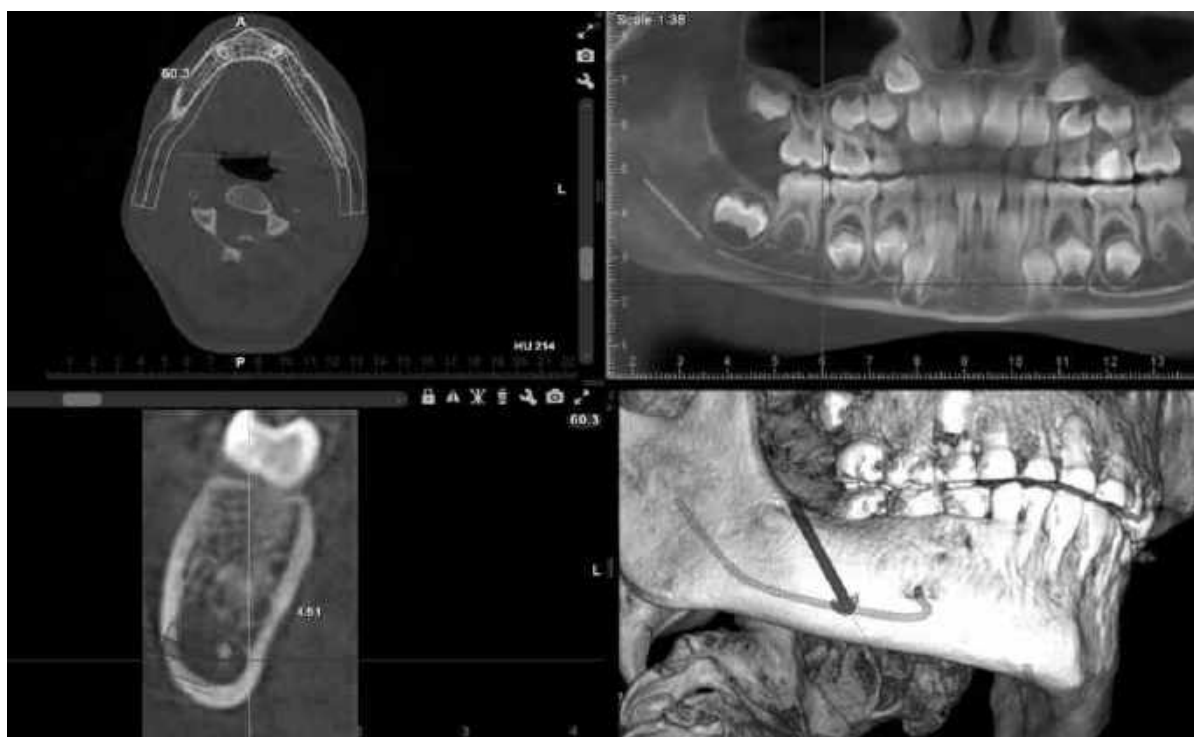


Рис 5.44. Скан КПКТ дитини шести років. Лінія перелому проходить в ділянці мезіального кореня першого постійного моляра. «Безпечна зона №4»

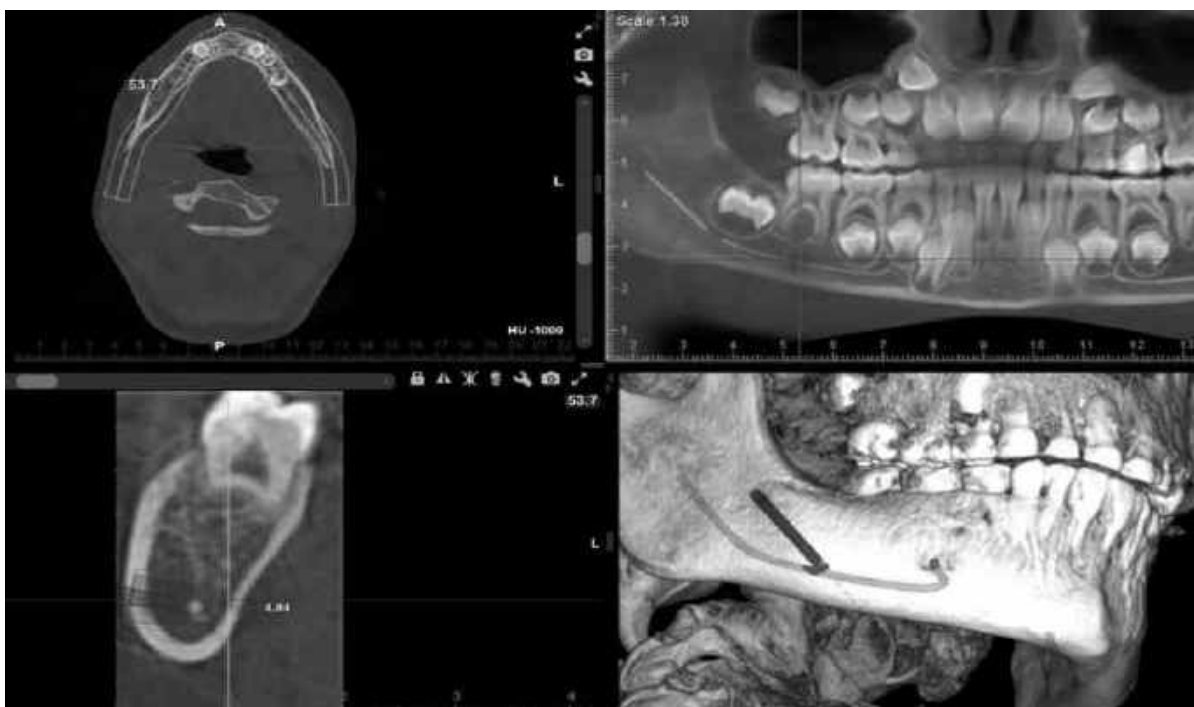


Рис 5.45. Скан КПКТ дитини шести років. Лінія перелому проходить в ділянці мезіального кореня першого постійного моляра. «Безпечна зона №5»

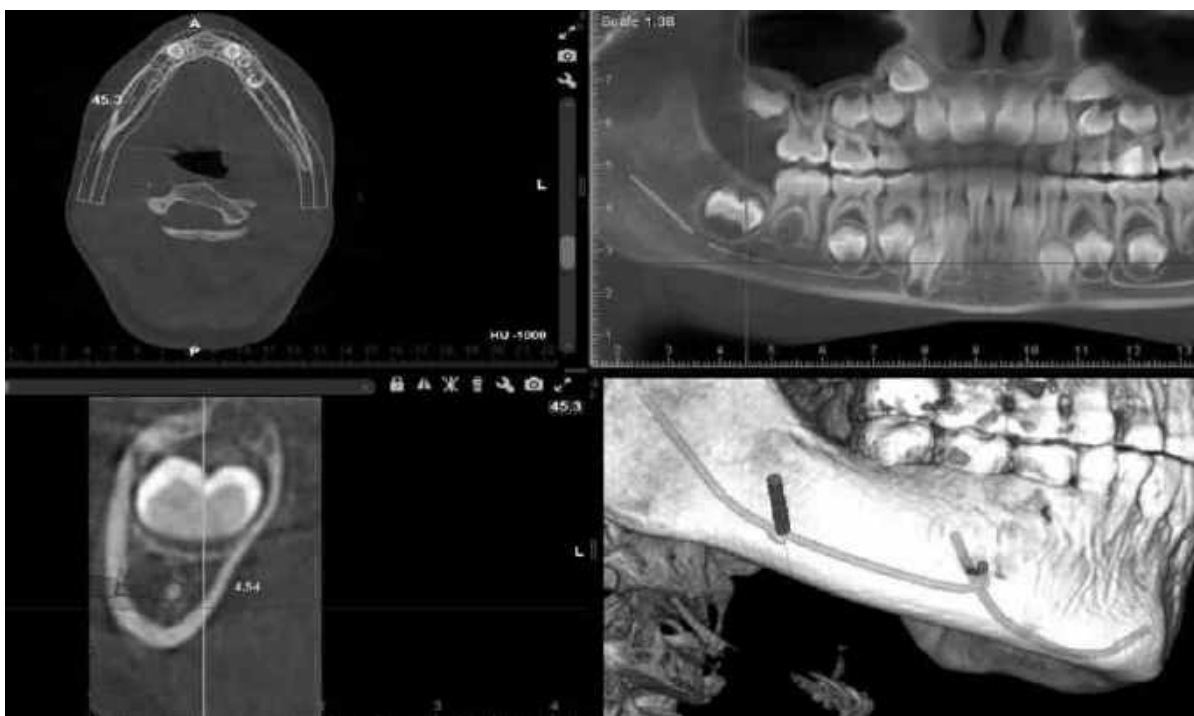


Рис 5.46. Скан КПКТ дитини шести років. Лінія перелому проходить в ділянці мезіального кореня першого постійного моляра. «Безпечна зона №6»



Рис 5.47. Скан КПКТ дитини шести років. Лінія перелому проходить в ділянці дистального кореня першого постійного моляра. Мініпластина вздовж зовнішньої косої лінії. «Безпечна зона №7»

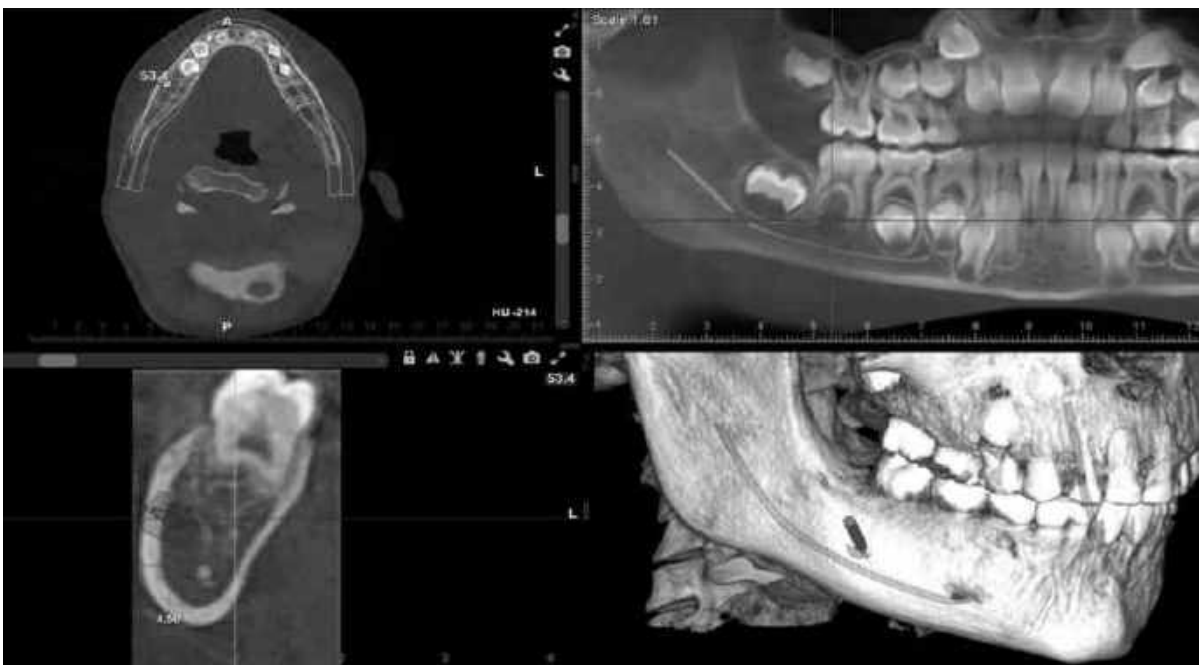


Рис 5.48. Скан КПКТ дитини шести років. Лінія перелому проходить в ділянці дистального кореня першого постійного моляра. Мініпластина вздовж зовнішньої косої лінії. «Безпечна зона №8»



Рис 5.49. Скан КПКТ дитини шести років. Лінія перелому проходить в ділянці дистального кореня першого постійного моляра. Мініпластина вздовж зовнішньої косої лінії. «Безпечна зона №10»



Рис 5.50. Скан КПКТ дитини шести років. Лінія перелому проходить в ділянці дистального кореня першого постійного моляра. Мініпластина в передній третині зовнішньої поверхні кута нижньої щелепи. «Безпечна» зона №7

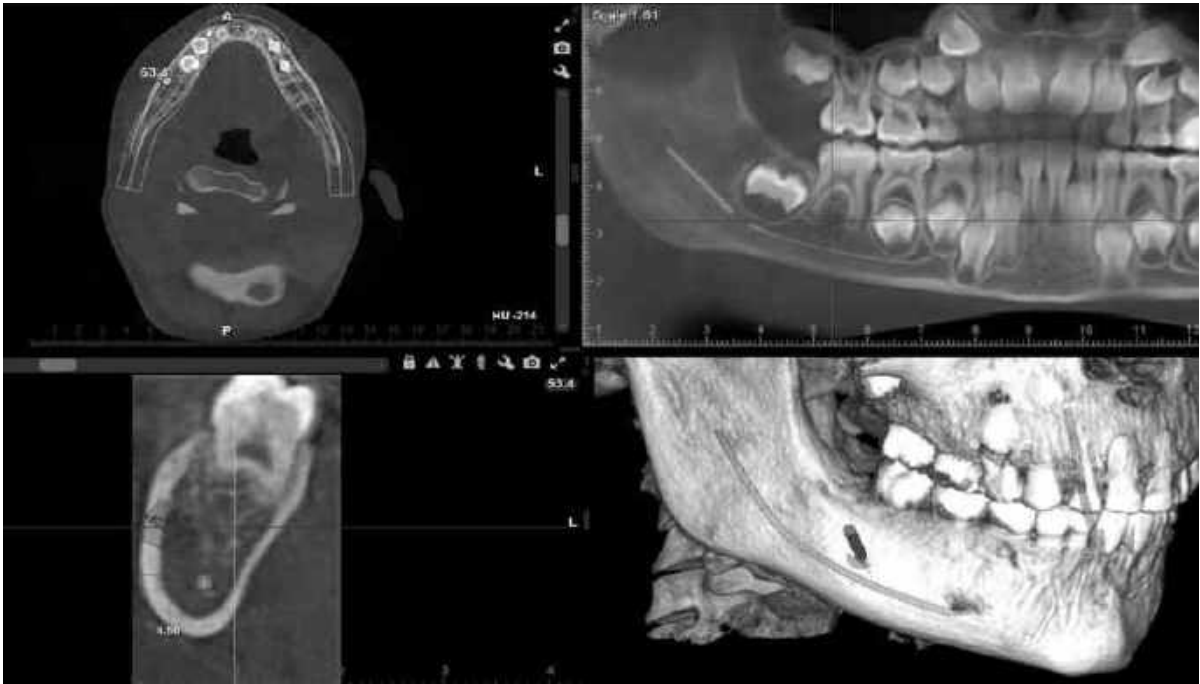


Рис 5.51. Скан КПКТ дитини шести років. Лінія перелому проходить в ділянці дистального кореня першого постійного моляра. Мініпластина в передній третині зовнішньої поверхні кута нижньої щелепи. «Безпечна» зона №8



Рис 5.52. Скан КПКТ дитини шести років. Лінія перелому проходить в ділянці дистального кореня першого постійного моляра. Мініпластина в передній третині зовнішньої поверхні кута нижньої щелепи. «Безпечна» зона №10



Рис 5.53. Скан КПКТ дитини шести років. Лінія перелому проходить в ділянці дистального кореня першого постійного моляра. Мініпластина на нижній третині нижньої щелепи. «Безпечна» зона №4



Рис 5.54. Скан КПКТ дитини шести років. Лінія перелому проходить в ділянці дистального кореня першого постійного моляра. Мініпластина на нижній третині нижньої щелепи. «Безпечна» зона №5



Рис 5.55. Скан КПКТ дитини шести років. Лінія перелому проходить в ділянці дистального кореня першого постійного моляра. Мініпластина на нижній третині нижньої щелепи. «Безпечна» зона №6

При фіксації мініпластини вздовж зовнішньої косої лінії рекомендовано фіксувати мініпластину за допомогою чотирьох гвинтів: одного гвинта у «безпечній» зоні №7, одного гвинта у «безпечній» зоні №8 та двох гвинтів у «безпечній» зоні №10.

При проходженні лінії перелому через зачаток другого постійного моляра або кут нижньої щелепи краще фіксувати одну мініпластину вздовж зовнішньої косої лінії, одну мініпластину на передній третині зовнішньої поверхні кута нижньої щелепи або одну мініпластину вздовж нижньої третини тіла нижньої щелепи. При цьому, можлива фіксація відламків щелепи за допомогою однієї, двох або трьох мініпластин.

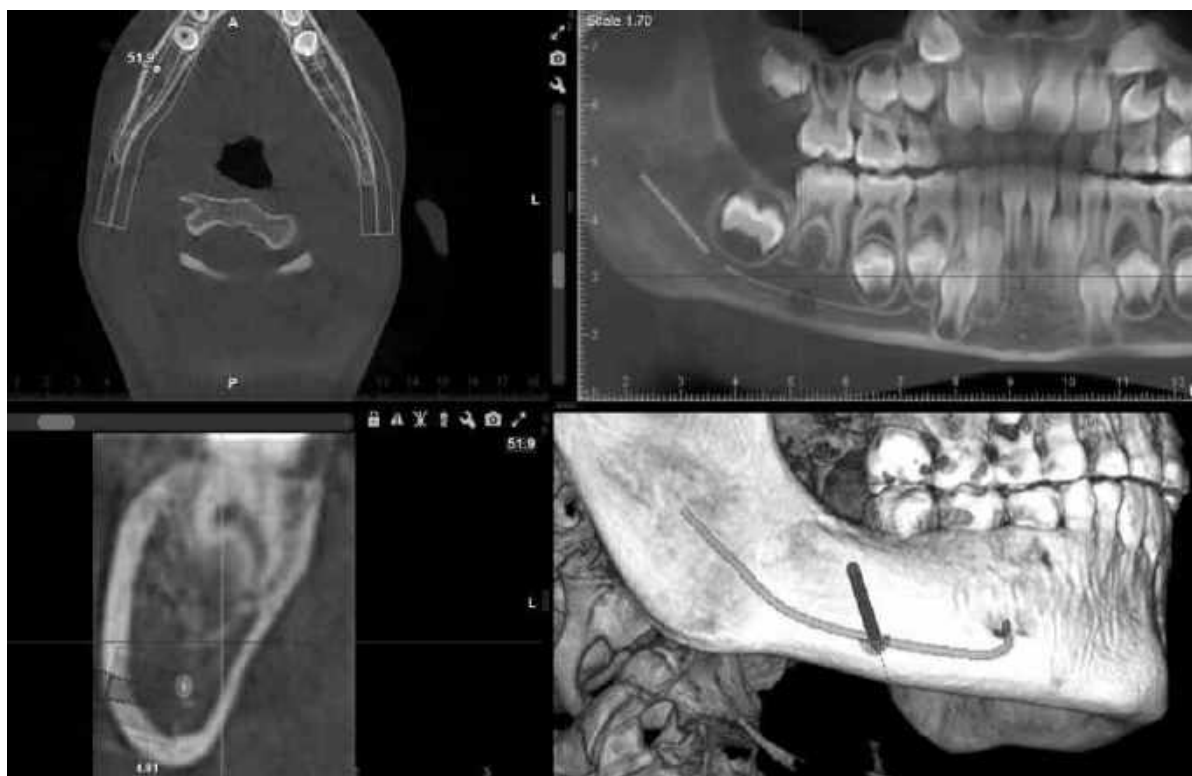


Рис 5.56. Скан КПКТ дитини шести років. Лінія перелому проходить через зачаток другого постійного моляра або кут нижньої щелепи. Мініпластина на нижній третині нижньої щелепи. «Безпечна» зона №5

При фіксації мініпластини вздовж нижньої третини тіла та кута нижньої щелепи нами рекомендовано фіксувати мініпластину за допомогою 4 гвинтів: одного гвинта у «безпечній» зоні №4, одного гвинта у «безпечній» зоні №5 та двох гвинтів у «безпечній» зоні №6.

При фіксації мініпластини на передній третині зовнішньої поверхні кута щелепи необхідно фіксувати за допомогою чотирьох гвинтів: одного гвинта у «безпечній» зоні №8, одного гвинта у «безпечній» зоні №9 та двох гвинтів у «безпечній» зоні №10.

Разом з тим, при переломах в ділянці гілки нижньої щелепи необхідно фіксувати одну або декілька мініпластин в ділянці дистальної третини гілки нижньої щелепи, а рекомендована глибина заглиблення гвинтів при цьому до 4 мм.

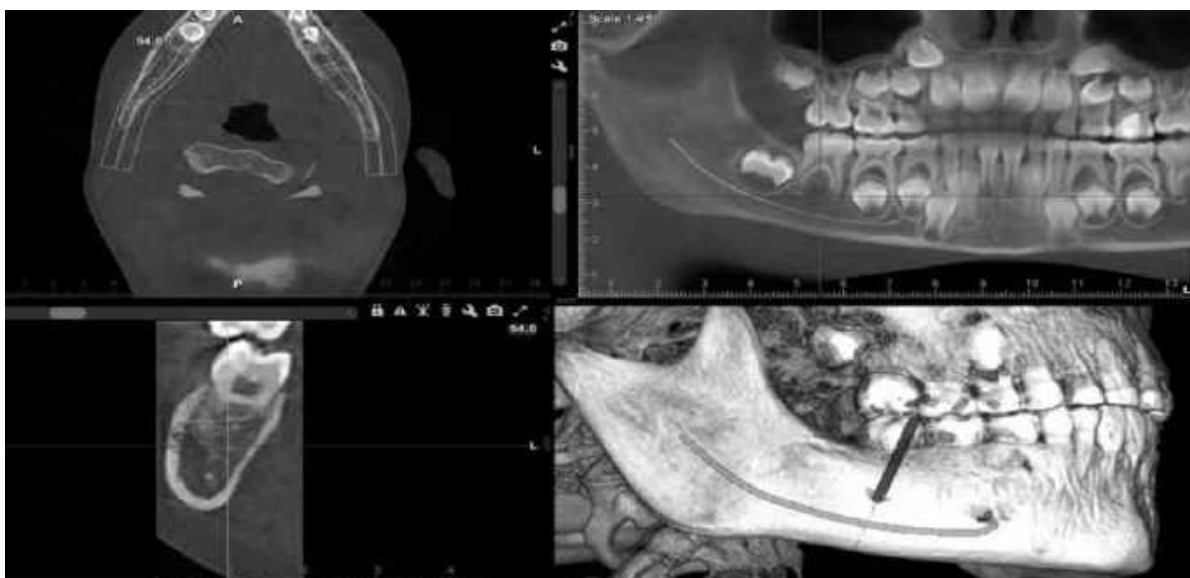


Рис 5.57. Скан КПКТ дитини шести років. Лінія перелому проходить через зачаток другого постійного моляра або кут нижньої щелепи. Мініпластина в передній третині зовнішньої поверхні кута нижньої щелепи. «Безпечна» зона №8



Рис 5.58. Скан КПКТ дитини шести років. Лінія перелому проходить через зачаток другого постійного моляра або кут нижньої щелепи. Мініпластина вздовж зовнішньої косої лінії. «Безпечна» зона №9



Рис 5.59. Скан КПКТ дитини шести років. Лінія перелому проходить в ділянці гілки нижньої щелепи

При переломах в ділянці виросткового відростка нижньої щелепи фіксувати доцільно одну або декілька мініпластин вздовж гілки нижньої щелепи, паралельно ходу нижньощелепного каналу, а рекомендована глибина заглиблення гвинтів – до 4 мм.



Рис 5.60. Скан КПКТ дитини шести років. Лінія перелому проходить в ділянці виросткового відростка нижньої щелепи

При лікуванні перелому нижньої щелепи у *віковій групі дітей 13-17 років* нами були визначені наступні “безпечні” зони для фіксації мініпластин та глибини занурення гвинтів, що їх утримують:

- «безпечна» зона №1 – вестибулярна поверхня нижньої третини нижньої щелепи в ділянці першого постійного різця. Найкоротша відстань у міліметрах від нижнього краю нижньої щелепи до верхівок коренів перших постійних різців становить 9 мм. Рекомендована глибина занурення гвинта у кістку – до 5 мм;
- «безпечна» зона №2 – вестибулярна поверхня нижньої третини нижньої щелепи в ділянці другого постійного різця. Найкоротша відстань у міліметрах від нижнього краю нижньої щелепи до верхівок коренів других постійних різців – 5 мм. Рекомендована глибина занурення гвинта у кістку – до 5 мм;
- «безпечна» зона №3 – вестибулярна поверхня нижньої третини нижньої щелепи в ділянці постійного ікла, або між коренями постійного ікла та першого премоляра. Найкоротша відстань у міліметрах від нижнього краю нижньої щелепи до верхівок коренів постійних ікол становить 7,9 мм. Рекомендована глибина занурення гвинта у кістку – до 5 мм;
- «безпечна» зона №4 – вестибулярна поверхня нижньої третини нижньої щелепи нижче ментального отвору. Рекомендована глибина заглиблення гвинта у кістку – до 5 мм;
- «безпечна» зона №5 – вестибулярна поверхня нижньої третини нижньої щелепи на рівні кореня другого премоляру. Найкоротша відстань у міліметрах від букального краю нижньої третини нижньої щелепи до нижньощелепного каналу в цій ділянці є 2,9 мм. Рекомендована глибина заглиблення гвинта у кістку – до 2,5 мм;
- «безпечна» зона №6 – вестибулярна поверхня нижньої третини нижньої щелепи на рівні між коренями першого постійного моляру та другого премоляра. Найкоротша відстань у міліметрах від букального краю нижньої третини нижньої щелепи до нижньощелепного каналу в цій ділянці складає

4,2 мм. Рекомендована глибина заглиблення гвинта у кістку – до 4 мм;

- «безпечна» зона №7 – вестибулярна поверхня нижньої третини нижньої щелепи на рівні мезіального кореня першого постійного моляру. Найкоротша відстань у міліметрах від буккального краю нижньої третини нижньої щелепи до нижньощелепного каналу в цій ділянці становить 4,3 мм. Рекомендована глибина заглиблення гвинта у кістку – до 4 мм;

- «безпечна» зона №8 – вестибулярна поверхня нижньої третини нижньої щелепи на рівні між коренями першого постійного моляру. Найкоротша відстань у міліметрах від буккального краю нижньої третини нижньої щелепи до нижньощелепного каналу в цій ділянці складає 4,04 мм. Рекомендована глибина заглиблення гвинта у кістку – до 4 мм;

- «безпечна» зона №9 – вестибулярна поверхня нижньої третини нижньої щелепи на рівні дистального кореня першого постійного моляру. Найкоротша відстань у міліметрах від буккального краю нижньої третини нижньої щелепи до нижньощелепного каналу в цій ділянці – 4,75 мм. Рекомендована глибина заглиблення гвинта у кістку – до 4 мм;

- «безпечна» зона №10 – вестибулярна поверхня нижньої третини нижньої щелепи на рівні коренів другого постійного моляру. Найкоротша відстань у міліметрах від буккального краю нижньої третини нижньої щелепи до нижньощелепного каналу в цій ділянці становить 4,2 мм. Рекомендована глибина заглиблення гвинта у кістку – до 4 мм;

- «безпечна» зона №11 – вестибулярна поверхня середньої третини нижньої щелепи в ділянці дистального кореня другого постійного моляра. Найкоротша відстань у міліметрах буккального краю зовнішньої косої лінії нижньої щелепи до другого постійного моляра становить 3,6 мм. Рекомендована глибина заглиблення гвинта – 3,5 мм.

Разом з тим, в старшій *віковій групі 13-17 років* при проходженні лінії перелому в ділянці першого постійного різця краще та доцільніше фіксувати одну або дві мініпластини за допомогою чотирьох гвинтів кожна: одного гвинта у «безпечній» зоні №1, двох гвинтів у «безпечній» зоні №2, одного

гвинта у «безпечній» зоні №3. Фіксуючи одну мініпластину або верхню при фіксації двох мініпластин необхідно зважати на корені постійних перших і других постійних різців та постійних ікол. Фіксація нижньої мініпластини є «безпечною».

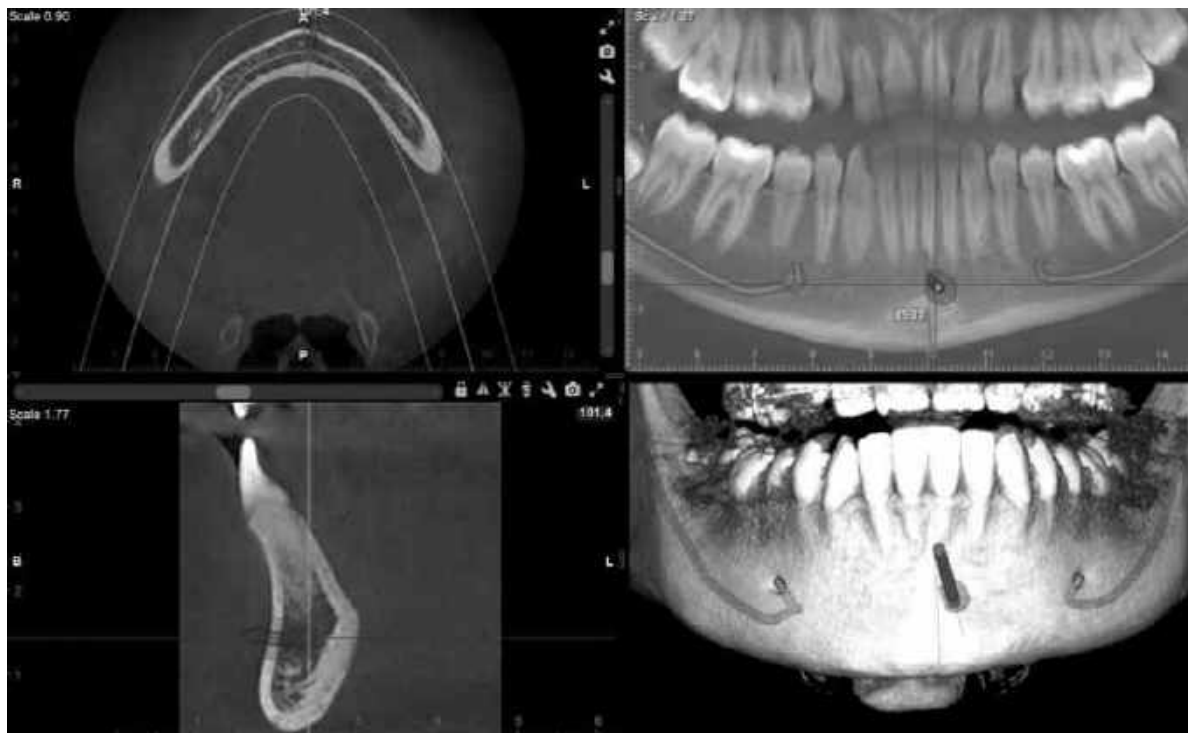


Рис 5.61. Скан КПКТ дитини тринадцяти років. Лінія перелому проходить в ділянці першого постійного різця. «Безпечна зона №1»

При проходженні лінії перелому в ділянці другого постійного різця безпечно фіксувати одну або дві мініпластини за допомогою чотирьох гвинтів кожно: одного гвинта у «безпечній» зоні №1, одного гвинта у «безпечній» зоні №2 та двох гвинтів у «безпечній» зоні №3. Фіксуючи одну мініпластину або верхню при фіксації двох мініпластин необхідно зважати на корені постійних перших і других постійних різців та постійних ікол. Фіксація нижньої мініпластини є безпечною.

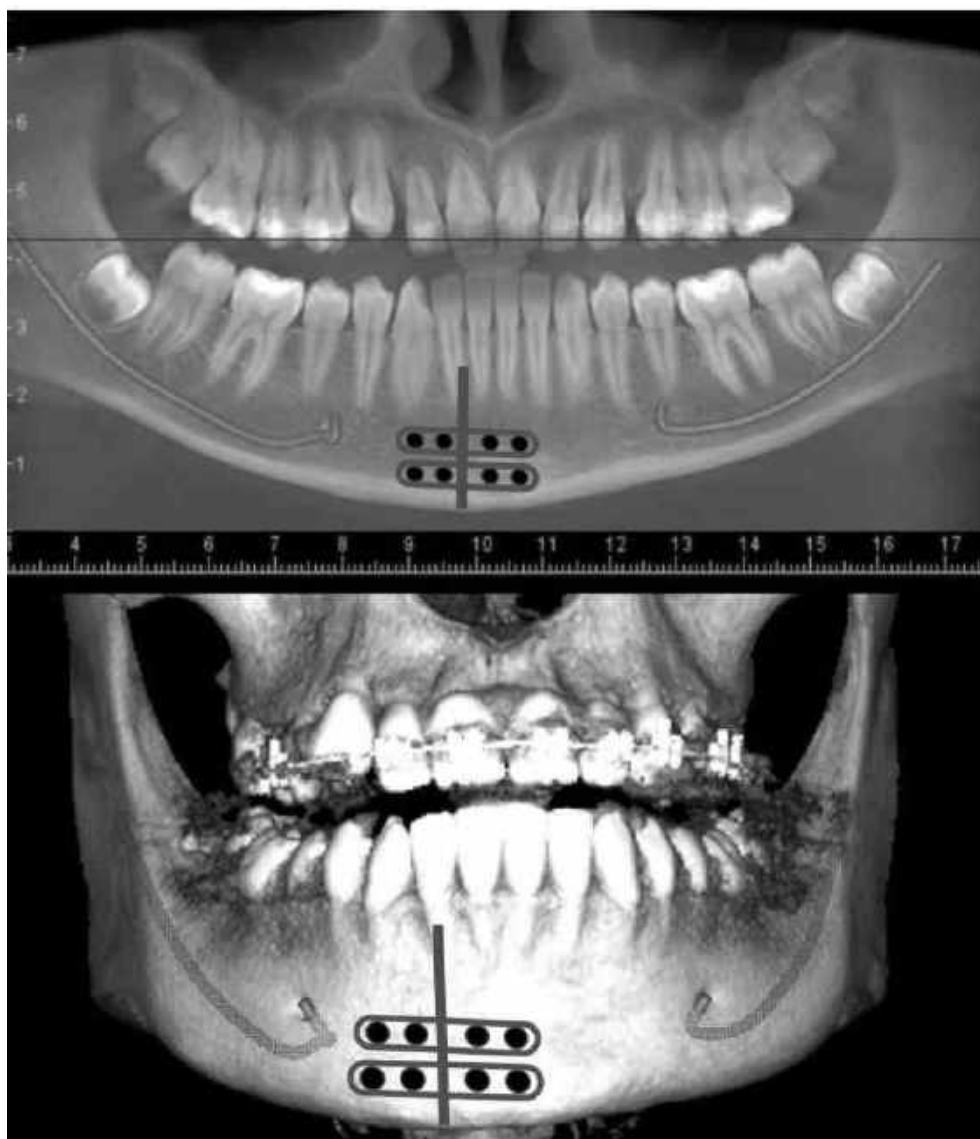


Рис 5.62. Скан КПКТ дитини тринадцяти років. Лінія перелому проходить в ділянці другого постійного різця

При проходженні лінії перелому в ділянці постійного ікла нами рекомендовано фіксувати одну мініпластину вище ментального отвору або одну мініпластину вздовж нижньої третини тіла нижньої щелепи або обидві мініпластини. Мініпластина вище ментального отвору фіксується за допомогою чотирьох гвинтів: одного гвинта у «безпечній» зоні №1, одного гвинта у «безпечній» зоні №2, одного гвинта між коренями постійного ікла і першого премоляра та одного гвинта між коренями першого і другого премоляра, вище ментального отвору.

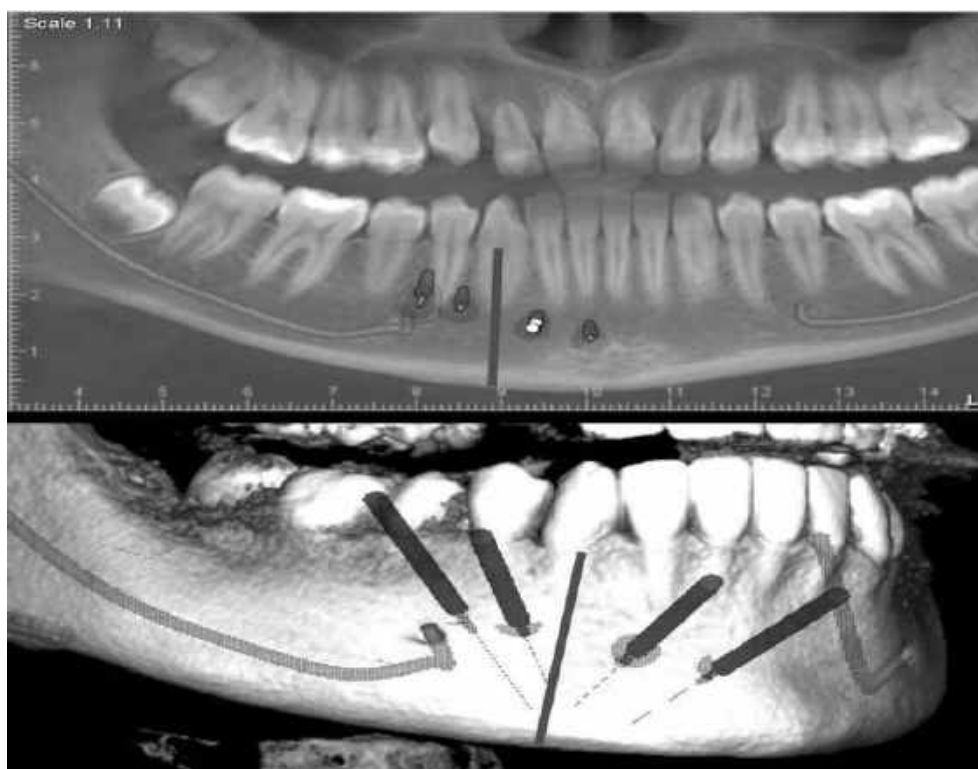


Рис 5.63. Скан КПКТ дитини тринадцяти років. Лінія перелому проходить в ділянці постійного ікла. Фіксація вище ментального отвору

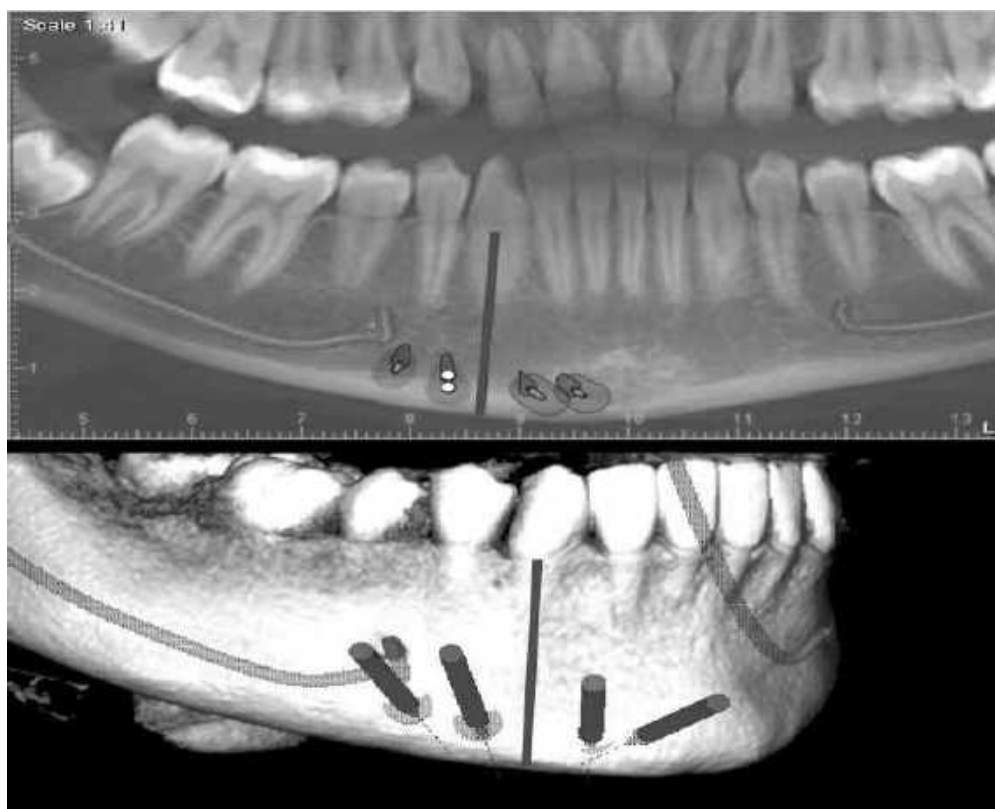


Рис 5.64. Скан КПКТ дитини тринадцяти років. Лінія перелому проходить в ділянці постійного ікла. Фіксація нижче ментального отвору

При фіксації мініпластини вздовж нижньої третини тіла нижньої щелепи нижче ментального отвору безпечно фіксувати мініпластину за допомогою 4 гвинтів: одного гвинта у «безпечній» зоні №1, одного гвинта у «безпечній» зоні №2, одного гвинта у «безпечній» зоні №3 та одного гвинта у «безпечній» зоні №4.

При проходженні лінії перелому в ділянці першого премоляра рекомендовано фіксувати одну мініпластину вище ментального отвору або одну мініпластину вздовж нижньої третини тіла нижньої щелепи або обидві мініпластини. Мініпластина вище ментального отвору фіксується за допомогою чотирьох гвинтів між коренями постійних зубів. Рекомендована глибина занурення гвинтів становить до 4 мм. При фіксації мініпластини нижче ментального отвору доцільно фіксувати мініпластину за допомогою 4 гвинтів: одного гвинта у «безпечній» зоні №2, одного гвинта у «безпечній» зоні №3 (або двох гвинтів у «безпечній» зоні №3), одного гвинта у «безпечній» зоні №4 та одного гвинта у «безпечній» зоні №6.



Рис 5.65. Скан КПКТ дитини тринадцяти років. Лінія перелому проходить в ділянці першого премоляра. Фіксація вище ментального отвору



Рис 5.66. Скан КПКТ дитини тринадцяти років. Лінія перелому проходить в ділянці першого премоляра. Фіксація нижче ментального отвору

При проходженні лінії перелому в ділянці другого премоляра необхідно фіксувати одну мініпластину вище ментального отвору або одну мініпластину вздовж нижньої третини тіла нижньої щелепи або обидві мініпластини. Разом з тим, необхідно враховувати, що мініпластина, яка розташовується вище ментального отвору, фіксується за допомогою чотирьох гвинтів між коренями постійних зубів. Рекомендована глибина занурення гвинтів при цьому до 4 мм. При фіксації мініпластини нижче ментального отвору використовують 4 гвинта: одного гвинта у «безпечній» зоні №3, одного гвинта у «безпечній» зоні №4, одного гвинта у «безпечній» зоні №6 та одного гвинта у «безпечній» зоні №7.



Рис 5.67. Скан КПКТ дитини тринадцяти років. Лінія перелому проходить в ділянці другого премоляра. Фіксація вище ментального отвору

При проходженні лінії перелому в ділянці першого постійного моляра доцільно зробити вибір та фіксувати одну мініпластину в середній третині тіла нижньої щелепи або одну мініпластину вздовж нижньої третини тіла нижньої щелепи, а також можлива фіксація обох мініпластин.

При фіксації мініпластини в середній третині нижньої щелепи, рекомендовано фіксувати мініпластину за допомогою 4 гвинтів: одного гвинта в «безпечній зоні» №11, одного гвинта між коренями першого та другого постійних молярів, одного гвинта між коренями першого постійного моляру та другого премоляру та одного гвинта між коренями премолярів вище ментального отвору або між верхівкою кореня другого премоляра та нижньощелепним каналом. Рекомендована глибина занурення гвинтів – до 4 мм. При фіксації мініпластини в ділянці нижньої третини тіла нижньої

щелепи, рекомендовано фіксувати мініпластину за допомогою 4 гвинтів: одного гвинта у «безпечній» зоні №5, одного гвинта у «безпечній» зоні №7 та двох гвинтів у «безпечній» зоні №9.



Рис 5.68. Скан КПКТ дитини тринадцяти років. Лінія перелому проходить в ділянці другого премоляра. Фіксація нижче ментального отвору

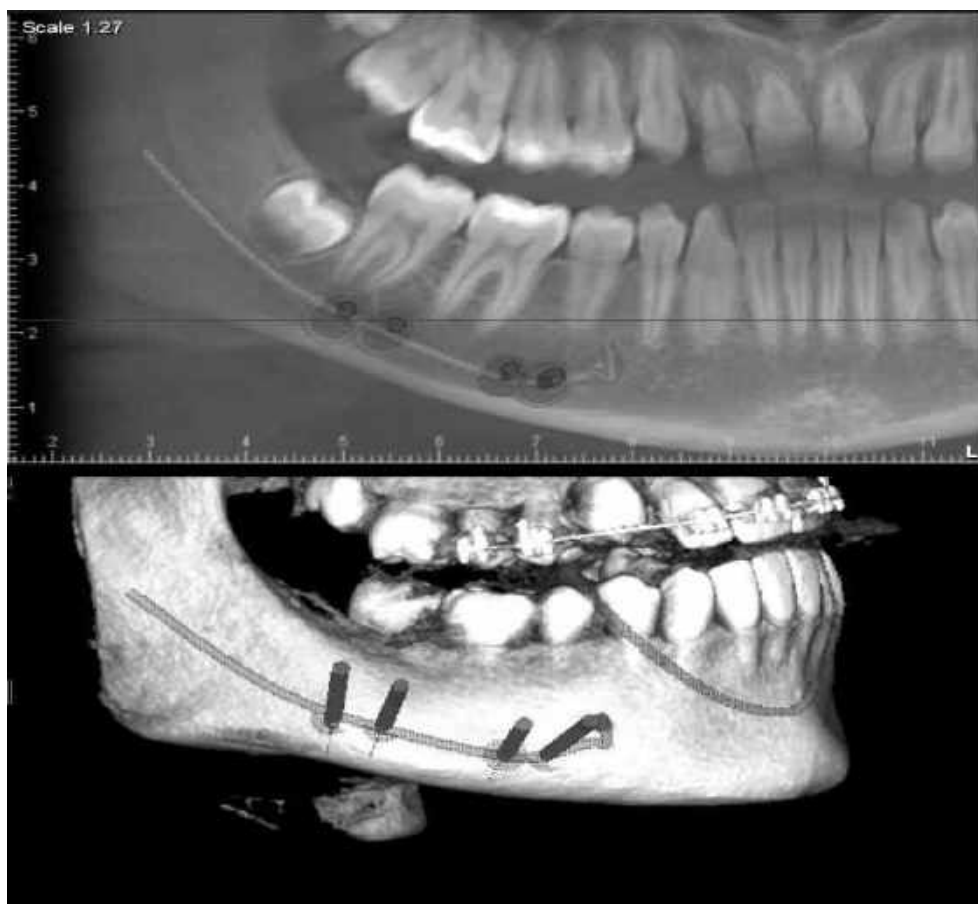


Рис 5.69. Скан КПКТ дитини тринадцяти років. Лінія перелому проходить в ділянці першого постійного моляра. Мініпластина в нижній третині тіла нижньої щелепи

При проходженні лінії перелому в ділянці другого постійного моляра рекомендовано фіксувати одну мініпластину вздовж зовнішньої косої лінії, одну мініпластину на передній третині зовнішньої поверхні кута нижньої щелепи або одну мініпластину вздовж нижньої третини тіла нижньої щелепи. Можлива фіксація відламків щелепи за допомогою однієї, двох або трьох мініпластин.

При фіксації мініпластини вздовж нижньої третини тіла та кута нижньої щелепи краще фіксувати мініпластину за допомогою 4 гвинтів: одного гвинта у «безпечній» зоні № 8, одного гвинта у «безпечній» зоні № 9 та двох гвинтів в ділянці нижньої третини кута нижньої щелепи дистальніше перелому.

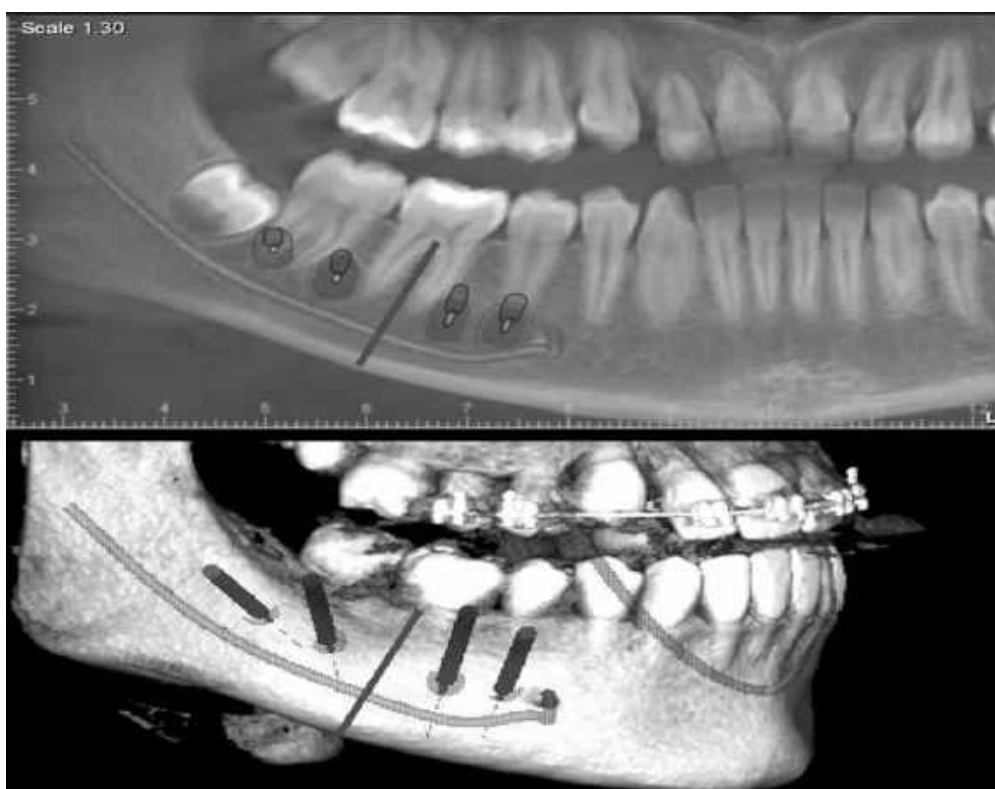


Рис 5.70. Скан КПКТ дитини тринадцяти років. Лінія перелому проходить в ділянці першого постійного моляра. Мініпластина в середній третині тіла нижньої щелепи

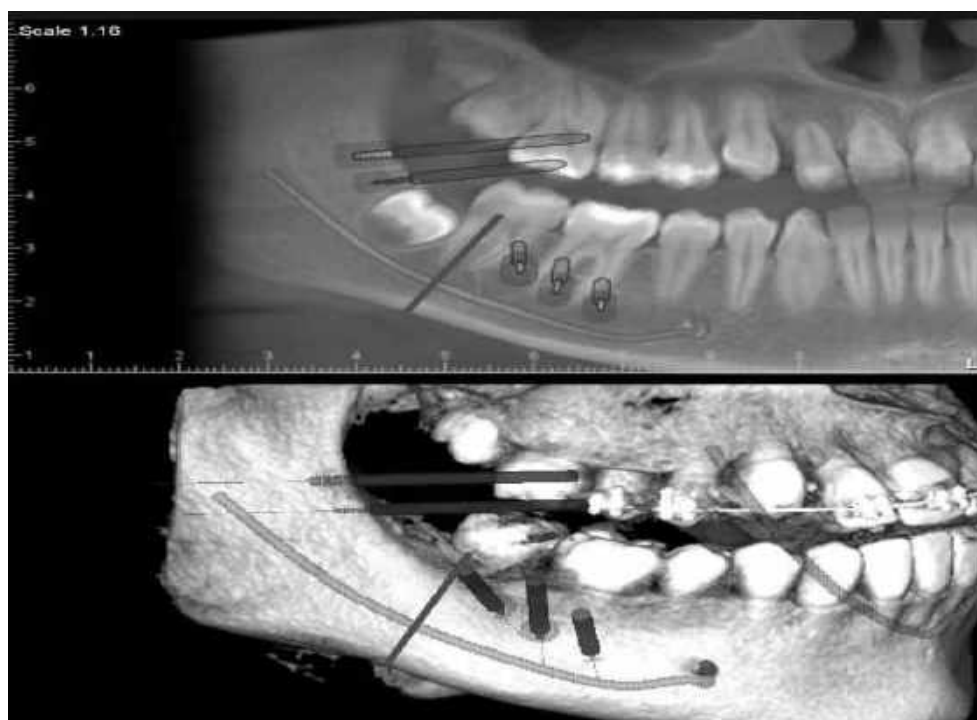


Рис 5.71. Скан КПКТ дитини тринадцяти років. Лінія перелому проходить в ділянці другого постійного моляра. Мініпластина вздовж зовнішньої косої лінії

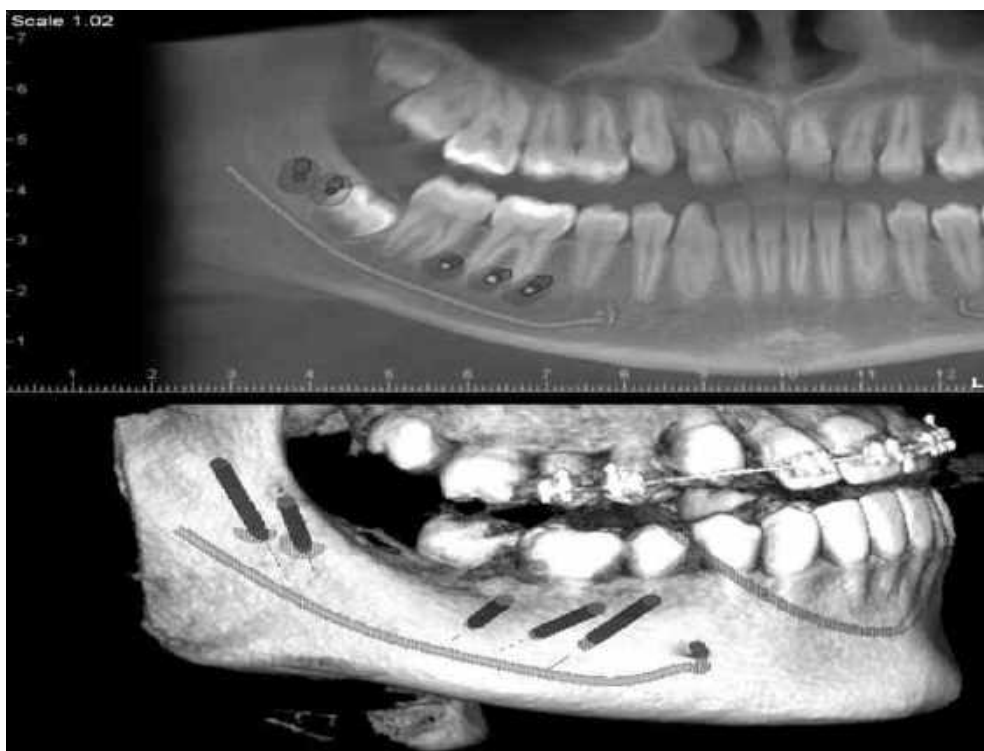


Рис 5.72. Скан КПКТ дитини тринадцяти років. Лінія перелому проходить в ділянці другого постійного моляра. Мініпластина в передній третині зовнішньої поверхні кута нижньої щелепи

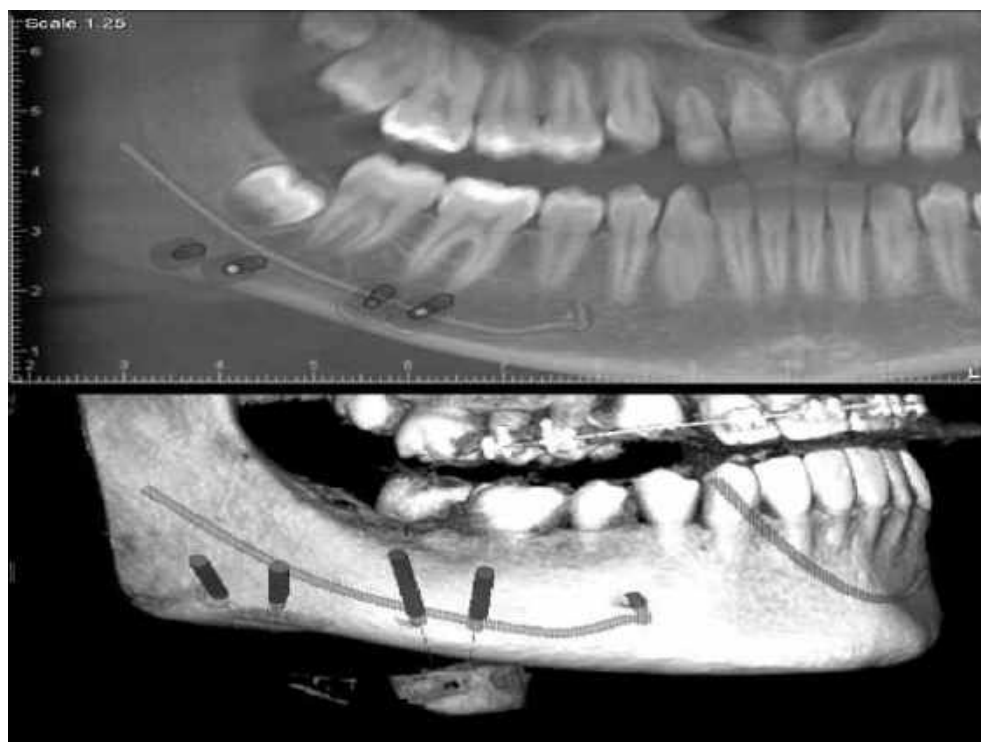


Рис 5.73. Скан КПКТ дитини тринадцяти років. Лінія перелому проходить в ділянці другого постійного моляра. Мініпластина на нижній третині нижньої щелепи

При фіксації мініпластини на передній третині зовнішньої поверхні кута щелепи рекомендовано фіксувати 2 гвинти дистальніше зачатку третього постійного моляру (у випадку його наявності). Найбільша відстань від дистальної поверхні другого постійного моляру нижньої щелепи до дистальної поверхні третього постійного моляру складає 11,5 мм. Разом з тим, мезіально можна розташовувати два або три гвинти: один гвинт може бути між коренями першого та другого постійних молярів, один гвинт між коренями першого постійного моляра або один гвинт між коренями першого постійного моляра та другого премоляра. Рекомендована глибина занурення гвинтів – до 5мм.

При проходженні лінії перелому в ділянці зачатку третього постійного моляра або в ділянці кута нижньої щелепи рекомендовано фіксувати одну мініпластину вздовж зовнішньої косої лінії, одну мініпластину на передній третині зовнішньої поверхні кута нижньої щелепи або одну мініпластину вздовж нижньої третини тіла нижньої щелепи. Можлива фіксація відламків щелепи за допомогою однієї, двох або трьох мініпластин.

При фіксації мініпластини вздовж нижньої третини тіла та кута нижньої щелепи рекомендовано фіксувати мініпластину за допомогою 4 гвинтів: двох гвинтів у «безпечній» зоні №10, та двох гвинтів в ділянці нижньої третини кута нижньої щелепи дистальніше перелому.

При фіксації мініпластини на передній третині зовнішньої поверхні кута щелепи при переломі в цій області, доцільно застосовувати всього 4 гвинти, з яких 2 гвинти необхідно розташовувати дистально від зачатку третього постійного моляру (у випадку його наявності), а ще 2 – мезіально від зачатку третього постійного моляра або лінії перелому: один гвинт у «безпечній» зоні №11, а другий гвинт між коренями першого та другого постійних молярів. Найбільша відстань від дистальної поверхні другого постійного моляру нижньої щелепи до дистальної поверхні третього постійного моляру становить 11,5 мм. Рекомендована глибина занурення гвинтів – до 5 мм.

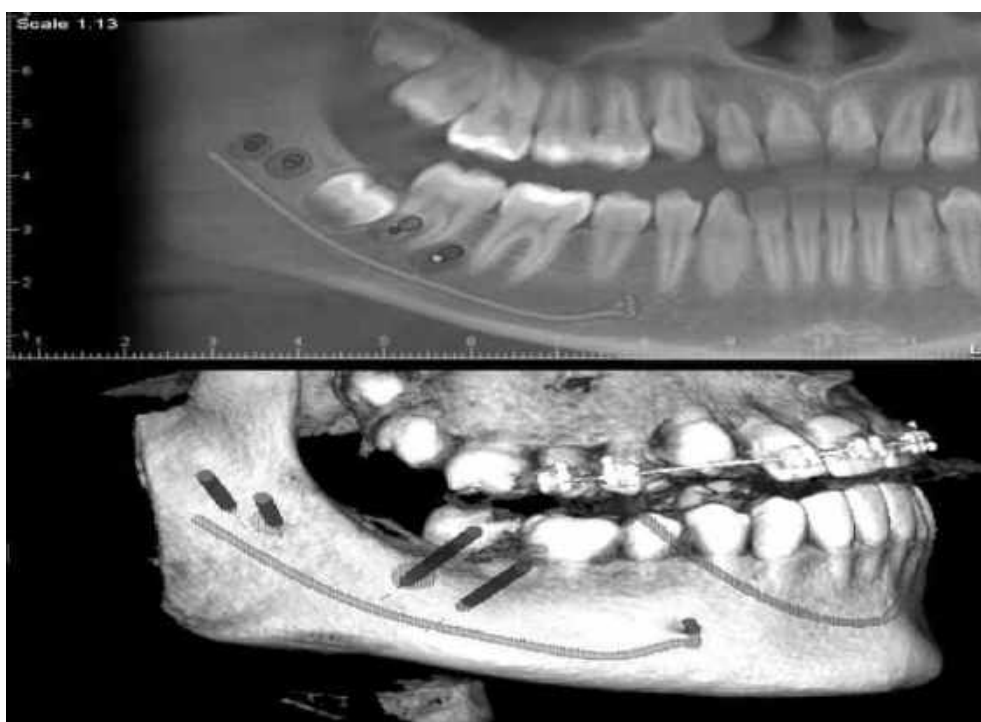


Рис 5.74. Скан КПКТ дитини тринадцяти років. Лінія перелому проходить через зачаток третього постійного моляра або кут нижньої щелепи. Мініпластина в передній третині зовнішньої поверхні кута нижньої щелепи

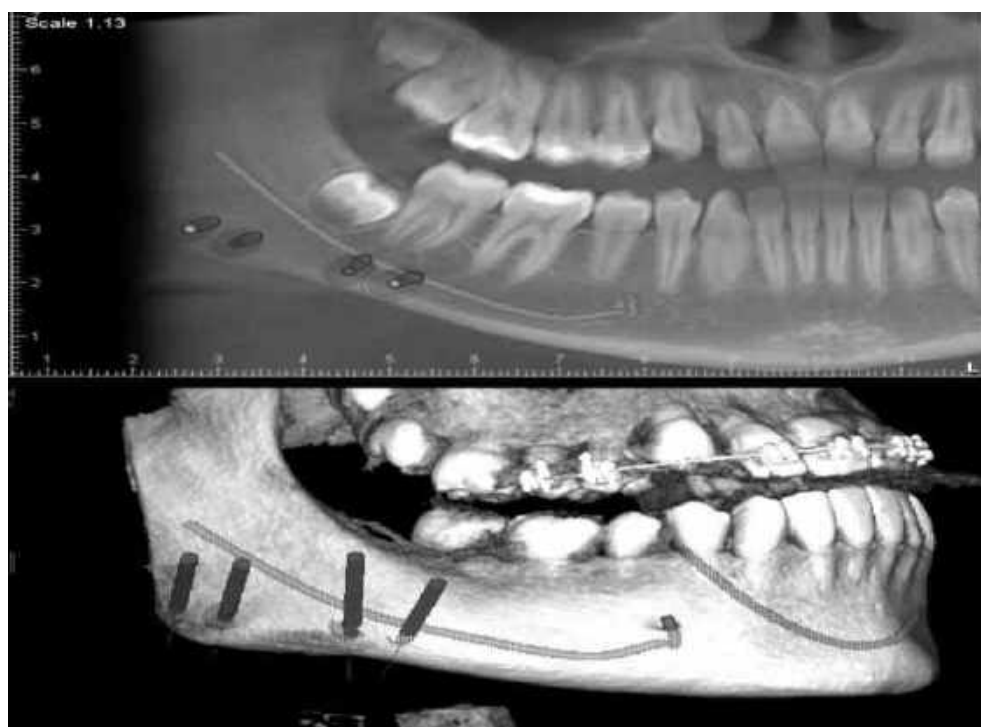


Рис 5.75. Лінія перелому проходить через зачаток третього постійного моляра або кут нижньої щелепи. Мініпластина на нижній третині нижньої щелепи

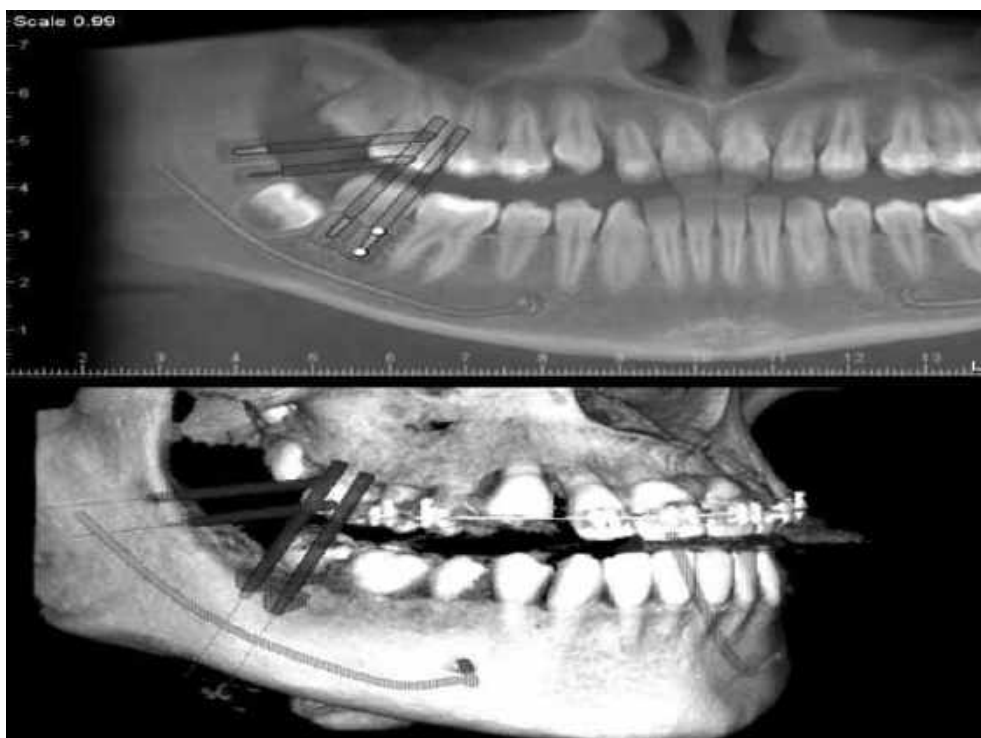


Рис 5.76. Скан КПКТ дитини тринадцяти років. Лінія перелому проходить через зачаток третього постійного моляра або кут нижньої щелепи. Мініпластина вздовж зовнішньої косої лінії

При фіксації мініпластини вздовж зовнішньої косої лінії необхідно звернути увагу на те, що розташування всіх чотирьох гвинтів повністю співпадають з розташуванням гвинтів, які застосовують при лікуванні перелому нижньої щелепи в області кута та фіксації мініпластини на його передній третині зовнішньої поверхні. При цьому, найбільша відстань від дистальної поверхні другого постійного моляра нижньої щелепи до дистальної поверхні третього постійного моляра також становить 11,5 мм, а рекомендована глибина занурення гвинтів – до 5 мм.

При переломах в ділянці гілки нижньої щелепи необхідно фіксувати одну або декілька мініпластин в ділянці дистальної третини гілки нижньої щелепи. Рекомендована глибина заглиблення гвинтів при цьому до 4 мм.

При переломах в ділянці виросткового відростка нижньої щелепи можна фіксувати одну або декілька мініпластин вздовж гілки нижньої

щелепи та паралельно ходу нижньощелепного каналу. Рекомендована глибина заглиблення гвинтів – до 4 мм.



Рис 5.77. Скан КПКТ дитини тринадцяти років. Лінія перелому проходить в ділянці гілки нижньої щелепи



Рис 5.78. Скан КПКТ дитини тринадцяти років. Лінія перелому проходить в ділянці виросткового відростку нижньої щелепи

Таким чином, нами розроблено нові методологічні й тактичні підходи до вибору оптимальних точок для фіксації мініпластин при проведенні МОС у дітей із переломами нижньої щелепи різної локалізації, що враховують анатомічні й вікові особливості пацієнтів та забезпечують надійну стабілізацію уламків без шкоди для зони росту та зачатків фолікулів постійних зубів. Запропонована авторська методика МОС пройшла клінічну апробацію та продемонструвала високу ефективність у зменшенні частоти післяопераційних ускладнень в 2,3 рази, покращенні функціональних і естетичних результатів та прискоренні регенерації кісткової тканини в 1,7 рази.

Запропоновані нами методики використання нових точок для фіксації мініпластин дозволяють мінімізувати ризик ускладнень, забезпечити надійну стабілізацію навіть при складних переломах, уникнути деформацій у процесі подальшого росту щелепи, скоротити терміни іммобілізації, періоду реабілітації та прискорити повернення до нормальної функції жування і мовлення, тим самим забезпечити правильний функціональний і естетичний результат. Саме тому розроблена методика МОС є ефективним і безпечним інструментом у комплексному лікуванні переломів нижньої щелепи у дитячому віці.

При хірургічному лікуванні переломів нижньої щелепи для розуміння процесів загоєння важливим є вивчення цифрових значень **білків-промаркерів запалення**, які відіграють ключову роль у процесі регенерації кісткової тканини, забезпечуючи координацію між запальною відповіддю та загоєнням. Саме молекулярна роль таких білків-промаркерів запалення, як *лактоферин*, *klotho-білки* та *ММР-8*, що полягає у регуляції критичних сигнальних шляхів, які забезпечують баланс між запаленням і регенерацією, є надзвичайно важливою для ефективного перебігу репаративних процесів у лікуванні перелому нижньої щелепи [217-220].

Так, лактоферин (глікопротеїн) завдяки своїм імуномодулюючим та потужним протизапальним властивостям, стимулює проліферацію

остеобластів, пригнічує активність остеокластів та зменшує рівень запальних цитокінів і це сприяє швидшій регенерації кісткової тканини. Клото-білки, особливо α -klotho, виступають антиоксидантними і протизапальними агентами, модулюючи окиснювальний стрес та запалення, зменшують апоптоз остеоцитів і тим самим зберігають їх життєздатність. Крім того вони підтримують гомеостаз мінерального обміну, що критично важливо для формування нової кістки при переломі.

Матриксні металопротеїнази забезпечують перебудову позаклітинного матриксу, сприяючи очищенню ушкодженої тканини від некрозу і створенню мікрооточення, сприятливого для міграції та диференціації клітин, що беруть участь у відновленні кістки. Скоординована взаємодія цих молекул визначає баланс між запаленням та відновленням, забезпечуючи ефективно загоєння переломів нижньої щелепи [221 -226].

Аналізуючи дані таблиці 5.1 нами встановлено, що кількісне значення лактоферину в ротовій рідині дорівнює $8,67 \pm 0,45$ нг/мл у здорових дітей 6-12 років та $9,83 \pm 0,52$ нг/мл в 13-17 років і ці дані достовірно не відрізняються один від одного ($p > 0,05$), що може свідчити про незалежність вивчаємого показника від віку дитини. При цьому у дітей 6-12 років з переломом нижньої щелепи при підготовці до проведення операції МОС з використанням мініпластин було встановлено підвищення значень лактоферину в 2,5 рази. Подібні зміни були встановлені в доопераційному періоді і в старшій віковій групі дітей 13-17 років, які мали постійний прикус, а цифрові значення лактоферину були збільшені майже в 5 разів, що може бути пов'язано з посттравматичним стресом та процесом запалення в тканинах періодонту.

Однак аналіз цифрових даних лактоферину в післяопераційному періоді показав, що його значення у пацієнтів обох вікових груп через тиждень після виписки зі стаціонару зменшувались до $14,18 \pm 0,73$ нг/мл у дітей 6-12 років та до $37,82 \pm 1,99$ нг/мл у віці 13-17 років, але це в 1,6 рази та в 3,8 рази було вище за показники у здорових дітей відповідних вікових

груп, що можна трактувати як імунну відповідь на запальний процес (табл.5.1).

Таблиця 5.1

Показники концентрації лактоферину в ротовій рідині дітей з переломом нижньої щелепи в динаміці хірургічного лікування, нг/мл ($M \pm m$)

| Групи | Лактоферин |
|------------------------------------------------------------|------------------------|
| Здорові діти 6 – 12 років (n = 19) | 8,67 ± 0,45 (0,05) |
| Діти 6-12 років (n = 13) за 3 дні до операції | 22,02 ± 1,16 (0,80) |
| Через тиждень після виписки зі стаціонару (n=13) | 14,18 ± 0,73 (1,43) |
| Через місяць після виписки зі стаціонару (n=13) | 9,98 ± 0,52 (0,42) |
| p рівень порівняно зі здоровими | p < 0,05 |
| p ₁ рівень через тиждень порівняно зі здоровими | p ₁ < 0,05 |
| p ₂ рівень місяць порівняно зі здоровими | p ₂ > 0,05 |
| Здорові діти 13 – 17 років (n = 28) | 9,83 ± 0,52 (0,07) |
| Діти 13-17 років (n=29) за 3 дні до операції | 47,36 ± 2,23 (4,43) |
| Через тиждень після виписки зі стаціонару (n=29) | 37,82 ± 1,99 (1,57) |
| Через місяць після виписки зі стаціонару (n=29) | 21,82 ± 1,15 (0,90) |
| p рівень порівняно зі здоровими | p < 0,05 |
| p ₁ рівень через тиждень порівняно зі здоровими | p ₁ < 0,05 |
| p ₂ рівень місяць порівняно зі здоровими | p ₂ < 0,05 |

Вивчення концентрації лактоферину в подальшому післяопераційному періоді показало, що через місяць після хірургічного лікування перелому нижньої щелепи методом МОС з використанням мініпластин та виписки зі стаціонару у дітей 6-12 років вона достовірно зменшувалась і складала 9,98 ± 0,52 нг/мл, що в 2,2 рази менше в порівнянні з даними, які було встановлено

до початку проведення операції та достовірно не відрізнялась в співставленні зі здоровими дітьми такого ж віку ($p > 0,05$).

При цьому звертає на себе увагу той факт, що кількісне значення лактоферину в ротовій рідині через місяць після проведеного хірургічного лікування перелому нижньої щелепи зменшувалось і у дітей 13-17 років та становило $21,82 \pm 1,15$ нг/мл відповідно. Разом з тим, встановлені цифрові дані вивчаємого показника в 2,2 рази перевищували вихідні значення як до початку хірургічного лікування, так і в співставленні зі здоровими дітьми такого ж віку.

Проведені нами дослідження показали, що при переломах нижньої щелепи у дітей 6-17 років збільшуються цифрові значення лактоферину в ротовій рідині, що може вказувати на процеси запалення, які зменшуються після хірургічного лікування, так як лактоферин сприяє регенерації пошкоджених тканин. Однак встановлене зменшення вивчаємого показника проходить у дітей 13-17 років повільніше, ніж у дітей 6-12 років та при незадовільній гігієні порожнини рота і виникненні запалення в слизовій оболонці або в тканинах періодонту концентрація лактоферину може збільшуватись у декілька разів.

На нашу думку, достовірне збільшення рівня лактоферину в ротовій рідині при переломах нижньої щелепи та його зменшення після хірургічного лікування, є тим маркером, за допомогою якого можна прогнозувати розвиток запалених ускладнень в післяопераційному періоді у даній категорії дітей.

Результати дослідження цифрових значень ММР-8 та білку klotho представлені у таблиці 5.2. Аналізуючи дані цієї таблиці нами встановлено, що кількісне значення ММР-8 дорівнює $0,29 \pm 0,02$ нг/мл та білку klotho – $42,03 \pm 2,82$ нг/мл у здорових дітей. При цьому у дітей 6-12 років з переломом нижньої щелепи при підготовці до проведення операції МОС з використанням мініпластин за 3 дні було встановлено підвищення ММР-8 майже в 7 разів, що може бути пов'язано з посттравматичним процесом

запалення, а цифрові значення вмісту білку klotho у цих дітей були знижені у 1,6 рази.

Таблиця 5.2

Вміст білку MMP-8 та білку Klotho (protein Klotho) у ротовій рідині в динаміці хірургічного лікування перелому нижньої щелепи у дітей (ng/ml),
M±m (SD)

| Групи | MMP-8 | білок Klotho |
|------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| Здорові діти 6 – 12 років (n = 19) | 0,29±0,02 (0,05) | 42,03±2,21 (13,76) |
| Діти 6-12 років (n = 13) за 3 дні до операції | 2,02±0,11 (0,80) | 26,06±1,33 (4,52) |
| Через тиждень після операції (n=13) | 3,18±0,17 (1,43) | 21,25±1,12 (1,55) |
| Через місяць після операції (n=13) | 0,43±0,05 (0,42) | 43,78±2,36 (0,90) |
| p рівень порівняно зі здоровими | p<0,05 | p<0,05 |
| p ₁ рівень через тиждень порівняно зі здоровими | p<0,05 | p<0,05 |
| p ₂ рівень місяць порівняно зі здоровими | p<0,05 | p<0,05 |
| Здорові діти 13 – 17 років (n = 28) | | |
| За 3 дні до операції (n=29) | 2,89±0,15 (0,85) | 31,09±1,58 (4,85) |
| Через тиждень після операції (n=29) | 3,93±0,23 (1,62) | 27,07±1,42 (1,66) |
| Через місяць після операції (n=29) | 0,48±0,06 (0,56) | 44,23±2,59 (0,95) |
| p рівень порівняно зі здоровими | p<0,05 | p<0,05 |
| p ₁ рівень через тиждень порівняно зі здоровими | p<0,05 | p<0,05 |
| p ₂ рівень місяць порівняно зі здоровими | p<0,05 | p<0,05 |

Подібні зміни були встановлені і в старшій віковій групі дітей 13-17 років, які мали постійний прикус, а цифрові значення вивчаємих показників MMP-8 та klotho-білку складала 2,89±0,15нг/мл та 31,09±1,58нг/мл відповідно.

Згідно даних таблиці 5.2 ще нижче цифри досліджуваного klotho-білку спостерігали в обох вікових групах пацієнтів через тиждень після проведеного хірургічного лікування перелому нижньої щелепи шляхом МОС за допомогою мініпластин. Так, в групі пацієнтів 6-12 років, рівень klotho-білку складав $21,25 \pm 1,12$ нг/мл, а в групі пацієнтів 13-17 років – $27,07 \pm 1,42$ нг/мл ($p < 0,05$).

Деструкція альвеолярної кістки відбувається внаслідок деградації компонентів екстрацелюлярного матриксу і призводить до незворотної втрати кісткової тканини, а важливу роль в даному патологічному процесі відіграє MMP-8 [232, 233]. В ротовій рідині дітей 6-12 років концентрація MMP-8 через тиждень після хірургічного лікування перелому нижньої щелепи складала $3,18 \pm 0,17$ нг/мл, а в старшій віковій групі 13-17 років – $3,93 \pm 0,23$ нг/мл (табл. 5.2) і ці показники достовірно відрізнялись та залежали від віку дитини ($p < 0,05$). Крім того, досліджувані показники вірогідно відрізнялись ($p < 0,05$) від значення у здорових дітей без стоматологічної патології ($0,29 \pm 0,02$ нг/мл), що можна пов'язати, на нашу думку, із явищами запалення в кістковій тканині, які виникли на тлі перелому.

Однак через місяць після проведеного хірургічного лікування перелому нижньої щелепи у дітей в обох вікових групах цифрові значення вмісту як klotho-білку, так і MMP-8 достовірно змінились. Так, аналіз кількісної оцінки MMP-8 в порожнині рота у дітей 6-12 років показав її зменшення до $0,43 \pm 0,05$ нг/мл, а у дітей 13-17 років – до $0,48 \pm 0,06$ нг/мл. При аналізі цифрових значень klotho-білку було встановлено збільшення його кількості у дітей 6-12 років до $43,78 \pm 2,36$ нг/мл, а у дітей 13-17 років до $44,23 \pm 2,59$ нг/мл.

Отримані результати кількісної оцінки MMP-8 та klotho-білку в порожнині рота переконливо свідчать про те, що у обстежених пацієнтів, які поступили у відділення щелепно-лицевої хірургії з переломом нижньої щелепи різної локалізації і були прооперовані шляхом проведення МОС

мініпластинами, виникає в результаті травми запальний процес, перебіг якого можна прогнозувати за допомогою вивчаємих маркерів запалення.

Таким чином, проведені нами дослідження показали, що лактоферин, klotho-білки та матриксна металопротеїназа-8 діють синергічно, забезпечуючи оптимальні умови для загоєння перелому нижньої щелепи, а саме, контролюючи запалення, підтримуючи регенеративні процеси та сприяючи перебудові кісткової тканини. Саме злагоджена регуляція цих білків створює умови для цілеспрямованої регенерації, оптимізуючи загоєння кістки у складних умовах перелому нижньої щелепи і це пов'язано, на нашу думку, з локальною стимуляцією регенеративних процесів, так як аутоплазма працює в якості природного стимулятора регенераційних процесів за рахунок виділення великої кількості факторів росту, що утворюються в процесі згортання крові при руйнуванні тромбоцитів та поліпшенням мікроциркуляції.

Можна припустити, що цей клас пептидів, які, як правило, секретуються у відповідь на перелом щелепи і є біомаркерами для визначення наявності запального процесу як такого, його стадії, а також контролю результатів проведеного лікування та можуть бути достовірною прогностичною ознакою розвитку запальних ускладнень в порожнині рота на тлі хірургічного лікування переломів нижньої щелепи з використанням мініпластин.

На нашу думку, оцінку ймовірності розвитку зазначених ускладнень з превентивною корекцією профілактичних заходів необхідно здійснювати в залежності від величини прогностичного індексу та вивчення динаміки цих маркерів під час хірургічного лікування переломів нижньої щелепи у дітей, що дозволить виявити критичні періоди зниження антимікробного, протизапального та імунного захисту ротової порожнини.

1. Розроблено нові тактико-методологічні підходи до вибору оптимальних точок та “безпечних” зон для фіксації мініпластин при проведенні МОС у дітей з переломами нижньої щелепи різної локалізації.

2. Запропоновані методики використання нових точок для фіксації мініпластин враховують анатомічні й вікові особливості пацієнтів та забезпечують надійну стабілізацію уламків без шкоди для зони росту і зачатків фолікулів постійних зубів.

3. Використання нових точок для фіксації мініпластин дозволяють мінімізувати ризик ускладнень, забезпечити надійну стабілізацію навіть при складних переломах, уникнути деформацій у процесі подальшого росту щелепи, скоротити терміни іммобілізації та періоду реабілітації.

4. Білки-промаркери запалення відіграють ключову роль у процесі регенерації кісткової тканини при хірургічному лікуванні переломів нижньої щелепи.

5. Лактоферин, klotho-білки та матриксна металопротеїназа-8 діють синергічно, забезпечуючи оптимальні умови для загоєння перелому нижньої щелепи, а саме, контролюючи запалення, підтримуючи регенеративні процеси та сприяючи перебудові кісткової тканини.

6. Білки-промаркери запалення можуть бути достовірною прогностичною ознакою розвитку запальних ускладнень в порожнині рота на тлі хірургічного лікування переломів нижньої щелепи з використанням мініпластин.

Аналіз та порівняння отриманих результатів дослідження, що висвітлені в даному розділі

Стандартні підходи до МОС при лікуванні переломів нижньої щелепи, розроблені переважно для дорослих пацієнтів, не завжди є безпечними та ефективними у дітей і можуть призводити до порушення росту щелепи, деформацій, пошкодження зачатків зубів і неврологічних ускладнень [3, 14, 85, 140]. Тому виникає потреба в удосконаленні методик МОС з урахуванням вікових анатомо-фізіологічних особливостей дитячого організму.

Запропонована нами модифікація МОС базується на точному врахуванні вікової анатомії нижньої щелепи у дітей. Використання нових точок, які були нами встановлені та розраховані для фіксації мініпластин дозволяє:

- мінімізувати ризик травматизації ростових зон і фолікулів постійних зубів;
- забезпечити надійну стабілізацію навіть при складних переломах;
- уникнути деформацій у процесі подальшого росту щелепи;
- скоротити терміни іммобілізації та прискорити повернення до нормальної функції жування і мовлення;
- покращити естетичні результати лікування без потреби в повторних втручаннях.

У сучасній літературі наявні дослідження (наприклад, роботи Kaban et al. (2010), Posnick et al. (2015), Aizenbud et al. (2018), Kaban, L. B., Troulis, M. J., 2004; van den Bergh, B., et al., 2018 та ін.) демонструють загальні принципи хірургічного лікування переломів нижньої щелепи у дітей, але більшість із них фокусуються на адаптації дорослих методів до дитячої анатомії без чіткого врахування вікових морфометричних параметрів та ризику пошкодження росткових зон.

На відміну від вищезгаданих авторів нами було вперше запропоновано емпірично верифіковані «безпечні зони» для фіксації мініпластин, які визначено не лише морфологічно, але й з використанням комп'ютерної аналітики (алгоритмізація вибору з урахуванням віку дитини, локалізації перелому та ризику пошкодження фолікулів).

Більшість дослідників використовують фіксовані довжини гвинтів, а не диференційовані за віком та з урахуванням глибини проникнення в контексті емпірично визначених порогових значень [25, 27]. Наше дослідження охоплює аналітику ризиків ускладнень при різній глибині занурення (2–4 мм) з урахуванням 95% довірчих інтервалів (метод Клоппера-Пірсона), що суттєво поглиблює клінічну інформативність.

Інноваційним є застосування біомаркерного моніторингу стану тканин після оперативного втручання. У той час як більшість публікацій концентруються на візуальних або рентгенологічних критеріях загоєння, наше дослідження включає оцінку білків-промаркерів запалення (лактоферин, Klotho, MMP-8), що дозволяє не лише діагностувати запальний процес на ранніх етапах, а й прогнозувати вірогідність ускладнення.

Створена нами ПЗ «Визначення місця для фіксації мініпластин у дітей при переломах нижньої щелепи» є унікальним інструментом в українській та європейській практиці, що дозволяє стандартизувати і персоніфікувати планування операцій в дитячому віці. Такий підхід поки що не описаний у відомих міжнародних протоколах.

На відміну від багатьох досліджень, які є ретроспективними [92, 95, 96, 107], наша робота має ознаки прикладного клінічного експерименту з використанням мультидисциплінарного підходу (анатомія, біохімія, програмна інженерія), що значно підвищує рівень достовірності та практичної корисності отриманих результатів.

Проведене порівняння з наявними літературними джерелами (Kaban, 2004; Posnick, 2014; Aizenbud, 2020), яке представлено в таблиці 5.3, демонструє, що запропонований нами підхід до лікування переломів нижньої щелепи у дітей має низку суттєвих переваг.

На відміну від традиційних методик, де підхід до вибору зони фіксації мініпластин є переважно емпіричним або адаптованим із практики дорослих пацієнтів, наша методика ґрунтується на об'єктивних морфометричних і вікових даних, оброблених за допомогою регресійного аналізу.

Таблиця 5.3

Порівняння розробленого підходу з існуючими методами фіксації мініпластин у дітей з переломами нижньої щелепи

| | | |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Критерій порівняння | Дослідження інших авторів (Posnick, J. C., 2014; Kaban, L. B., Troulis, M. J., 2004; van den Bergh, B., et al., 2018; Khosla, S., et al., 2012 Abliz, M., et al., 2019; Aizenbud, D., et al., 2020) | Розроблений підхід |
| Врахування віку пацієнта | Зазвичай узагальнено, без деталізації | Детальна вікова стратифікація з побудовою регресійних моделей |
| Оцінка глибини занурення гвинтів | Стандартна фіксація (часто 4 мм), без аналізу ризиків | Емпіричне визначення безпечної глибини (2–4 мм) з довірчими межами |
| Захист зони росту та фолікулів постійних зубів | Рекомендації загальні | Алгоритмічно підібрані «безпечні» зони фіксації |
| Наявність візуалізуючого програмного забезпечення | Відсутня | Розроблено комп'ютерну програму з наочною візуалізацією |
| Врахування анатомічної локалізації перелому | Часто типовий поділ: симфіз, тіло, кут | Локалізація + вік → індивідуалізований план МОС |
| Використання біохімічних маркерів | В основному – клінічні ознаки загоєння | Біохімічні маркери: лактоферин, Klotho, ММП-8 для прогнозу ускладнень |
| Можливість прогнозування ускладнень | Обмежено | Так, на основі рівня прозапальних білків |
| Мета дослідження | Адаптація методів для дітей | Інтеграція анатомії, біохімії, цифрової медицини для індивідуального лікування |

Вперше було розроблено ПЗ, яка дозволяє персоналізувати план МОС з урахуванням локалізації перелому, віку пацієнта, а також топографії

росткових зон і зачатків постійних зубів, чого немає в жодній із відомих методик. Додатковим новаторським елементом є застосування біохімічного контролю ефективності лікування — визначення рівнів лактоферину, білка Klotho та ММП-8, як потенційних маркерів регенерації та запалення, що дозволяє прогнозувати ризики ускладнень і своєчасно коригувати терапію.

Таким чином, проведене нами наукове дослідження та виконання поставлених в роботі завдань допомогло досягти зазначеної мети, спрямованої на підвищення ефективності хірургічного лікування переломів нижньої щелепи у дітей та профілактики ускладнень шляхом оптимізації методики МОС з визначенням безпечних зон і точок фіксації мініпластин, урахуванням вікових анатомічних особливостей та розробки комп'ютерної програми для планування оперативного втручання. Розроблена нами методика МОС є ефективним і безпечним інструментом у комплексному лікуванні переломів нижньої щелепи у дитячому віці.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі представлено теоретичне узагальнення і нове рішення актуального науково-практичного завдання дитячої хірургічної стоматології – підвищення ефективності хірургічного лікування переломів нижньої щелепи у дітей та профілактики ускладнень шляхом оптимізації методики МОС, визначення безпечних зон і точок фіксації мініпластин з урахуванням вікових анатомічних особливостей та розробки комп'ютерної програми для планування оперативного втручання.

1. Проведено біомеханічне обґрунтування вибору оптимальної методики фіксації кісткових уламків при переломах нижньої щелепи у дітей з урахуванням вікових анатомічних особливостей щелепної кістки, зокрема топографії нижньощелепного каналу, положення зачатків постійних зубів і товщини кісткової пластинки, що суттєво впливають на безпечність та надійність фіксації мініпластин. Встановлено, що максимальні значення еквівалентних напружень у кортикальному шарі нижньої щелепи при фіксації перелому однією мініпластиною гвинтами довжиною 5 мм на 21-39% менші аналогічних значень еквівалентних напружень, що виникають при фіксації перелому однією мініпластиною гвинтами довжиною 3 мм. Доведено, що застосування гвинтів діаметром 2 мм і довжиною меншою 3 мм є недоцільним, так як призводить до збільшення значень еквівалентних напружень у кортикальному шарі нижньої щелепи у порівнянні з використанням гвинтів довжиною 5 мм більше ніж на 40%.

2. Оптимізовано методики МОС при переломах нижньої щелепи у дітей шляхом визначення безпечних зон і точок для фіксації мініпластин в трьох вікових групах: 1-5 років – встановлено 7 “безпечних зон”, 6-12 років – 10 “безпечних зон”, 13-17 років – 11 “безпечних зон”, а також розраховано максимально допустиму глибину занурення гвинтів у кісткову тканину в кожній “безпечній зоні” за допомогою проведеного емпіричного порогового

аналізу отриманих даних, яка в групі 1-5 років коливалась в межах 2-4 мм, 6-12 років – 3-4 мм та 13-17 років – 2,5-5 мм, що дозволило мінімізувати ризики пошкодження критично важливих анатомічних структур та покращити стабільність МОС.

3. Розроблено та впроваджено ПЗ для індивідуального планування хірургічного втручання, який враховує анатомо-топографічні особливості нижньої щелепи залежно від віку дитини та локалізації перелому, що підвищує точність і безпечність МОС.

4. Досліджено динаміку вмісту білків-промаркерів у ротовій рідині для оцінки ефективності хірургічного лікування переломів нижньої щелепи у дітей, що дозволило здійснювати об'єктивний моніторинг репаративних процесів, виявляти ранні ознаки запалення та коригувати післяопераційну тактику. Біохімічними дослідженнями встановлено зменшення маркерів запалення в обох досліджуваних вікових групах через місяць після проведення МОС: ММР-8 в 4,7 – 6 разів, лактоферину в 2,2 рази та збільшення білка Klotho в 1,4 – 1,7 рази в ротовій рідині у дітей з переломом нижньої щелепи в динаміці хірургічного лікування.

5. Запропонована авторська методика МОС, адаптована до вікових особливостей пацієнтів, пройшла клінічну апробацію та продемонструвала високу ефективність у зменшенні частоти післяопераційних ускладнень в 2,3 рази, покращенні функціональних і естетичних результатів та прискоренні регенерації кісткової тканини в 1,7 рази.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. При хірургічному лікуванні переломів нижньої щелепи у дітей рекомендовано використовувати індивідуалізований підхід до планування МОС з урахуванням вікових анатомічних особливостей, зокрема — положення нижньощелепного каналу, товщини кортикальної пластинки та локалізації зачатків постійних зубів.

2. Для безпечної фіксації мініпластин доцільно застосовувати зони МОС, визначені за допомогою конусно-променевої комп'ютерної томографії та біомеханічного аналізу, що дозволить уникнути травмування важливих анатомічних структур, таких як нижньоальвеолярний нерв і фолікули постійних зубів.

3. Застосування монокортикальної фіксації мініпластин рекомендовано як оптимальний варіант у дитячому віці, що забезпечує надійну стабілізацію уламків, зменшує ризик інтраопераційних ускладнень та покращує умови для кісткової регенерації.

4. Розроблену комп'ютерну програму планування МОС доцільно впровадити у клінічну практику як допоміжний інструмент для вибору оптимальних точок фіксації, з урахуванням локалізації перелому та віку дитини.

5. Оцінка білків-промаркерів у ротовій рідині може бути рекомендована як додатковий критерій ефективності лікування та моніторингу післяопераційного перебігу з метою раннього виявлення можливих ускладнень.

6. Удосконалену методику МОС рекомендовано до використання у закладах дитячої щелепно-лицевої хірургії, а також для навчання лікарів-інтернів і підвищення кваліфікації спеціалістів у галузі дитячої стоматології та хірургії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Daniels JS, Albakry I, Braimah RO, Samara MI. Maxillofacial bone fractures in children and adolescents: overview of 247 cases in a major referral hospital, Najran, Kingdom of Saudi Arabia. *Craniomaxillofac Trauma Reconstr.* 2021;14(2):126-134. doi:10.1177/1943387520952680.
2. Zue Eya LA, Nsa LC, Mandza LC. Pediatric mandibular fractures: insights into epidemiology and treatment at Owendo Teaching Hospital. *Oman Med J.* 2023;38(4):e342. doi:10.5001/omj.2023.342.
3. Akhtar MU, Chatha R, Shah AA, Haq MA. Mandibular fractures in different pediatric age groups and their current management modalities. *Ann King Edward Med Univ.* 2022;28(1):1-6. doi:10.21649/akemu.v12i1.835.
4. Kovach I, Zub H, Kriachkova L, et al. Optimization of surgical treatment of mandibular fracture in children with a variable bite. *Med Perspect.* 2022;27(2):146-152. doi:10.26641/2307-0404.2022.2.260291.
5. Yehorov R, Yakovenko L, Primak I. Paediatric mandibular fracture management – a seven year retrospective study. *Ann Maxillofac Surg.* 2023;13(1):44-48. doi:10.4103/ams.ams_158_22.
6. Derebaşınlioğlu H, Cankorkmaz L. Age distribution of mandibular fractures and concomitant injuries. *Eur J Plast Surg.* 2022;45(6):747-753. doi:10.1007/s00238-022-01967-w.
7. Carmona Fernández E, Morales Moreira E, Perez Martínez A. Mandible fracture in children: a rare case report. *South Sudan Med J.* 2020;13(3):116-119.
8. Hofmann E, Koerdt S, Heiland M, et al. Pediatric maxillofacial trauma: insights into diagnosis and treatment of mandibular fractures in pediatric patients. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2023;16(3):499-509. doi:10.5005/jp-journals-10005-2401.
9. Kaçer EO, Kaçer İ, Çağlar A. Pediatric maxillofacial trauma: epidemiologic study between 2015 and 2020. *Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Tıp Dergisi.* 2022;9(3):225-230. doi:10.47572/muskutd.951240.

10. Zhang Y, Wang J, Liu X, et al. Epidemiology and pattern of pediatric maxillofacial trauma: a 5-year retrospective study. *J Craniofac Surg.* 2023;34(1):e1-e6. doi:10.1097/SCS.0000000000001000.
11. Li Y, Zhang Z, Zhang J, et al. Prevalence and etiology of pediatric maxillofacial injuries: a unicenter-based retrospective study. *J Craniofac Surg.* 2020;31(3):e272-e276. doi:10.1097/SCS.00000000000006712.
12. Korolenkova MV, Starikova NV. Dental complications of the mandibular distraction osteogenesis. *Stomatologiya.* 2020;99(6):24-29. doi:10.17116/stomat202099624-29.
13. Cooney M, O'Connell JE, Vesey JA, Van Eeden S. Non-surgical management of paediatric and adolescent mandibular condyles: A retrospective review of 49 consecutive cases treated at a tertiary referral centre. *J Craniomaxillofac Surg.* 2020;48(7):666-671. doi:10.1016/j.jcms.2020.05.006.
14. Nogami S, Yamauchi K, Morishima H, et al. Mandible fractures and dental injuries related to road traffic accidents over a 12-year period—Retrospective multicentre study. *Dent Traumatol.* 2021 Apr;37(2):223–228. doi: 10.1111/edt.12614.
15. Audlin J, Tipirneni K, Ryan J. Facial trauma patterns among young athletes. *Craniomaxillofac Trauma Reconstr.* 2021 Jun;14(3):218–223. doi: 10.1177/1943387520966424.
16. Kumar S, Sharma R, Singh V, et al. Pediatric maxillofacial trauma: Insights into diagnosis and treatment of mandibular fractures in pediatric patients. *J Maxillofac Oral Surg.* 2023 Mar;22(1):45–52. doi: 10.1007/s12663-022-01720-5.
17. Al-Hassani A, Al-Ali M, Al-Khatib A, et al. Pattern and management of maxillofacial fractures in Jordanian children and adolescents. *J Craniomaxillofac Surg.* 2022 Jan;50(1):e1–e6. doi: 10.1016/j.jcms.2021.09.006.
18. Smith B, Lee C, Johnson D, et al. Patterns of pediatric facial fractures. *J Oral Maxillofac Surg.* 2021 Oct;79(10):2041–2047. doi: 10.1016/j.joms.2021.06.003.

19. AbouEl-Fetouh A, Ahmed M, Abdel-Rahman H. Aetiology, prevalence, fracture site and management of maxillofacial trauma: A retrospective analysis. *Ann R Coll Surg Engl*. 2020 Jul;102(6):421–426. doi: 10.1308/rcsann.2020.0171.
20. Essig H, Rana M, Kokemueller H, et al. Characteristics and age-related injury patterns of maxillofacial fractures in children and adolescents: A multicentric and prospective study. *J Craniomaxillofac Surg*. 2022 Jul;50(7):597–604. doi: 10.1016/j.jcms.2022.03.006.
21. Bouziane M, Haddar M, Laoudiyi J, et al. Children mandibular fractures: Epidemiological and anatomo-clinical aspects. *Ann Med Surg (Lond)*. 2023 Dec;84:108940. doi: 10.1016/j.amsu.2023.108940.
22. Zhang Q, Zhang Y, He Y, et al. Analysis of pediatric maxillofacial trauma in North China: Epidemiology, pattern, and management. *J Craniofac Surg*. 2020 May;31(3):691–695. doi: 10.1097/SCS.00000000000006156.
23. Al-Hassani A, Al-Ali M, Al-Khatib A, et al. Pattern and management of maxillofacial fractures in Jordanian children and adolescents. *J Craniomaxillofac Surg*. 2022 Jan;50(1):e1–e6. doi: 10.1016/j.jcms.2021.09.006.
24. Panesar K, Susarla SM. Mandibular fractures: diagnosis and management. *Semin Plast Surg*. 2021 Oct;35(4):238–249. doi: 10.1055/s-0041-1735818.
25. Kanno T. Diagnosis and treatment of mandibular fractures –Basic principles–. *J Jpn Oral Maxillofac Surg*. 2020;66(10):473–482. doi: 10.5794/jjoms.66.473.
26. Givony S. Mandibular fractures, diagnostics, postoperative complications. *J Med Sci*. 2021;9(1):1–5.
27. Ó Ceallaigh P, Ekanaykae K, Beirne CJ, Patton DW. Diagnosis and management of common maxillofacial injuries in the emergency department. Part 2: mandibular fractures. *Emerg Med J*. 2006 Dec;23(12):927–928. doi: 10.1136/emj.2006.035956.
28. Most SP. Fractures of the mandible and midface. In: *MSD Manual Professional Edition* [Internet]. 2024 Mar [cited 2025 May 3]. Available from: [https://www.msmanuals.com/professional/injuries-poisoning/facial-

trauma/fractures-of-the-mandible-and-midface](<https://www.msmanuals.com/professional/injuries-poisoning/facial-trauma/fractures-of-the-mandible-and-midface>)

29. Shi J, Chen Z, Xu B. Causes and treatment of mandibular and condylar fractures in children and adolescents: a review of 104 cases. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg.* 2014;140(3):203–207. doi:10.1001/jamaoto.2013.6300.
30. Sharma A, Patidar DC, Gandhi G, et al. Mandibular fracture in children: a new approach for management and review of literature. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2019;12(4):356–359. doi:10.5005/jp-journals-10005-1643.
31. Kumar D, Vashistha A, Chugh A, et al. Pediatric mandibular fractures: a review. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2009;2(2):1–5. doi:10.5005/jp-journals-10005-1022.
32. Vasko M, Cheung G, Olivares-Navarrete R. Mandibular fractures in pediatric patients: A clinical review and management strategies. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2021 Mar;131(3):311–318. doi: 10.1016/j.oooo.2020.11.006.
33. Swan M, Kuppusamy P, Eslick GD. Pediatric mandible fractures: A comprehensive review of management and outcomes. *J Craniofac Surg.* 2021 Apr;32(3):e232–e237. doi: 10.1097/SCS.00000000000007344.
34. Ugur L, Simsek T, Sarikaya S, et al. Titanium vs biodegradable fixation in pediatric mandibular fractures: A comparative biomechanical study. *J Craniomaxillofac Surg.* 2021 Jul;49(7):756–762. doi: 10.1016/j.jcms.2021.02.020.
35. Yilmaz E, Ozdemir H, Akkus Z. The effectiveness of miniplate osteosynthesis in pediatric mandibular fractures. *J Oral Maxillofac Surg.* 2021 Jan;79(1):185–193. doi: 10.1016/j.joms.2020.09.005.
36. Tan WL, Chan MM, Tang MS, et al. Pediatric mandibular fractures: Review of techniques and outcomes in 100 cases. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2021 Feb;59(1):13–19. doi: 10.1016/j.bjoms.2020.10.006.
37. Bottini GB, Hitzl W, Göttinger M, Politis C, Dubron K, Kordić M, et al. Management of Mandibular Condyle Fractures in Pediatric Patients: A

- Multicentric Retrospective Study with 180 Children and Adolescents. *J Clin Med*. 2024;13(18):5455. doi:10.3390/jcm13185455.
38. Naik K, Lee KC, Torroni A. Does Open Reduction and Internal Fixation Provide a Quality-of-Life Benefit Over Traditional Closed Reduction of Mandibular Condyle Fractures? *J Oral Maxillofac Surg*. 2020;78(12):2018–2026. doi:10.1016/j.joms.2020.06.020.
39. Liu Y, Zhang L, Li J, et al. Management of pediatric mandibular fractures with open reduction and internal fixation. *J Craniofac Surg*. 2021 Apr;32(3):1101–1106. doi: 10.1097/SCS.00000000000007391.
40. Lee JH, Park S, Son H, et al. Treatment outcomes of pediatric mandibular fractures: A multicenter study. *J Oral Maxillofac Surg*. 2022 May;80(5):929–934. doi: 10.1016/j.joms.2022.01.022.
41. Schwabe R, Hallberg K, Cummings T. The role of early intervention in pediatric mandibular fracture treatment. *Clin Oral Investig*. 2022 Feb;26(2):1219–1227. doi: 10.1007/s00784-021-03923-2.
42. Singh S, Pathak A, Agarwal A, et al. Pediatric mandibular fractures: A review of contemporary management. *J Craniofac Surg*. 2020 Apr;31(3):636–642. doi: 10.1097/SCS.00000000000006497.
43. Berkovitz B, Holland GR, Moxham BJ. Cranial and facial anatomy in pediatric patients. Oxford University Press; 2021.
44. Sujatha S, Sharma A, Rani B. Application of Erich arch bar in management of mandibular fractures in pediatric patients. *J Maxillofac Oral Surg*. 2021 Aug;20(3):332–337. doi: 10.1007/s12663-020-01357-5.
45. El-Naggar MA, Hamed MA, Khater WA. Mandibular fractures in children: A comparative study of different treatment methods. *Int J Pediatr Dent*. 2021 Nov;31(6):774–780. doi: 10.1111/ipd.12734.
46. Krausz A, Gorsky M. Management of mandibular fractures with wire osteosynthesis in pediatric patients. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2020 Jun;49(6):717–723. doi: 10.1016/j.ijom.2020.02.003.

47. Sharma A, Patidar DC, Choudhary S, et al. Mandibular fractures in children: Approaches and techniques for effective management. *J Clin Pediatr Dent*. 2020 Jan;44(1):43–47. doi: 10.17796/1053-4628-44.1.43.
48. Lee L, Monson LA, Shapiro H. Mandibular fractures in children: Considerations and outcomes of various fixation methods. *J Oral Maxillofac Surg*. 2020 Feb;78(2):333–339. doi: 10.1016/j.joms.2019.07.028.
49. Kakran A, Singhal R, Namdev R, Kaushik H, Negi S, Rani A. Management of Pediatric Mandibular Fractures Using Orthodontic Archwires and Elastic Traction: An Alternative to Conventional Treatment Methods. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2023;16(6):864–867. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-2671>
50. Jha S, Singhal R, Goel N, Namdev R. Modified Cap Splint: A Novel Approach to Treating Delayed Mandibular Fracture in Pediatric Patients. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2023;16(4):645–648. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-2643>
51. Panesar K, Susarla SM. Mandibular Fractures: Diagnosis and Management. *Semin Plast Surg*. 2021;35(4):238–249. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1735818>
52. Oksa M, Haapanen A, Kannari L, Furuholm J, Snäll J. Surgical treatment of clinically infected mandibular fractures. *Oral Maxillofac Surg*. 2024;28(2):839–847. <https://doi.org/10.1007/s10006-024-01213-6>
53. Pawa S, Visuttiwattanakorn S. An in vitro study in separating tensile loads during maxillo-mandibular fixation using wire and/or elastics. *PLoS One*. 2024;19(3):e0300481. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0300481>
54. Kanitkar R, Kumbhare D, Francis M, Tiwari RVC, Kumar S, Wasan B, et al. Role of orthodontic elastics in the oral & maxillofacial surgical procedures. *J Adv Med Dent Scie Res*. 2020;8(2):62–64. <https://doi.org/10.21276/jamdsr>
55. Gupta K, Verma N, Katiyar A, Gaur S, Gupta S, Pandey M. A stitch in time saves nine: All about pediatric facial fracture. *Natl J Maxillofac Surg*. 2022;13(1):27–31. https://doi.org/10.4103/njms.NJMS_11_19
56. Agha RA, Franchi T, Sohrabi C, Mathew G, Kerwan A, SCARE Group. The SCARE 2020 Guideline: Updating Consensus Surgical CAse REport (SCARE)

- Guidelines. Int J Surg. 2020;84:226–230.
<https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2020.10.034>
57. Daniels JS, Albakry I, Braimah RO, Samara MI. Maxillofacial Bone Fractures in Children and Adolescents: Overview of 247 Cases in a Major Referral Hospital, Najran, Kingdom of Saudi Arabia. *Craniofac Trauma Reconstr.* 2021;14(2):126–134. <https://doi.org/10.1177/1943387520952680>
58. Li L, Acharya K, Ghimire B, Li Y, Xing X, Hou X, et al. Conservative management of mandibular fractures in pediatric patients during the growing phase with splint fiber and ligature arch wire. *BMC Oral Health.* 2023;23(1):601. <https://doi.org/10.1186/s12903-023-03309-z>
59. Coskunes FM, Kocyigit ID, Atil F, Tekin U, Suer BT, Tuz HH, Ozgul O, Yagiz A. Finite-Element Analysis of a New Designed Miniplate which is Used via Intraoral Approach to the Mandible Angle Fracture: Comparison of the Different Fixation Techniques. *J Craniofac Surg.* 2015;26(5):e445–e448. <https://doi.org/10.1097/SCS.0000000000001890>
60. Wang YM, Tsai TH, Hsu JS, Chao MF, Wang YT, Jaw TS. Automatic assessment of bone age in Taiwanese children: A comparison of the Greulich and Pyle method and the Tanner and Whitehouse 3 method. *Kaohsiung J Med Sci.* 2020;36(11):937–943. <https://doi.org/10.1002/kjm2.12268>
61. Skrzat J, Ryniewicz W, Goncerz G, Kozerska M. Anatomical features of the mandibular canal and their clinical significance - review of literature. *Folia Med Cracov.* 2023;63(3):157–170. <https://doi.org/10.24425/fmc.2023.147220>
62. Kotsanti M, Mitsea A, Christoloukas N, Seremidi K, Gizani S. Mandibular Cortical Bone Evaluation in a Healthy Paediatric Population. *Healthcare (Basel, Switzerland).* 2023;11(24):3105. <https://doi.org/10.3390/healthcare11243105>
63. Malloy SM, Dronkers WJ, Firriolo JM, Nuzzi LC, Koudstaal MJ, Padwa BL, Taghinia AH, Labow BI. Outcomes following Microvascular Mandibular Reconstruction in Pediatric Patients and Young Adults. *Plast Reconstr Surg Global Open.* 2020;8(11):e3243. <https://doi.org/10.1097/GOX.0000000000003243>

64. Weber M, Wehrhan F, Deschner J, Sander J, Ries J, Möst T, Bozec A, Gözl L, Kesting M, Lutz R. The Special Developmental Biology of Craniofacial Tissues Enables the Understanding of Oral and Maxillofacial Physiology and Diseases. *Int J Mol Sci.* 2021;22(3):1315. <https://doi.org/10.3390/ijms22031315>
65. Lee S, Fernandez J, Mirjalili SA, Kirkpatrick J. Pediatric paranasal sinuses-Development, growth, pathology, & functional endoscopic sinus surgery. *Clin Anat (New York, N.Y.)*. 2022;35(6):745–761. <https://doi.org/10.1002/ca.23888>
66. Ye G, Li Q, Guo Z, Yu X, Xu Y, Ding W, Wang H, Yu M. Comparative evaluation of transverse width indices for diagnosing maxillary transverse deficiency. *BMC Oral Health.* 2024;24(1):808. <https://doi.org/10.1186/s12903-024-04580-4>
67. Bruggink R, Baan F, Kramer GJC, Kuijpers-Jagtman AM, Bergé SJ, Maal TJJ, Ongkosuwito EM. Symmetry of palatal shape during the first year of life in healthy infants. *Clin Oral Investig.* 2021;25(3):1069–1076. <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03403-4>
68. Bruggink R, Baan F, Kramer GJC, Maal TJJ, Kuijpers-Jagtman AM, Bergé SJ, Bronkhorst EM, Ongkosuwito EM. Three dimensional maxillary growth modeling in newborns. *Clin Oral Investig.* 2019;23(10):3705–3712. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2791-5>
69. Ainuz BY, Hallac RR, Kane AA. Longitudinal composite 3D faces and facial growth trends in children 6-11 years of age using 3D cephalometric surface imaging. *AnnHumBiol.* 2021;48(7-8):540–549. <https://doi.org/10.1080/03014460.2021.2012257>
70. Guo W, Wang J, Chen X, Wang X, Zhao W, Song G, et al. Experts' consensus on space management of mixed dentition. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi.* 2022;40(3):264–270. <https://doi.org/10.7518/hxkq.2022.03.003>
71. Zhao Z, Zheng L, Huang X, Li C, Liu J, Hu Y. Effects of mouth breathing on facial skeletal development in children: a systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health.* 2021;21(1):108. <https://doi.org/10.1186/s12903-021-01458-7>

72. Kitamura A, Kawasaki M, Kawasaki K, Meguro F, Yamada A, Nagai T, et al. Ift88 is involved in mandibular development. *J Anat.* 2020;236(2):317–324. <https://doi.org/10.1111/joa.13096>
73. Huo B, Che X, Li X. Timing of early correction of mandibular hypoplasia in skeletal class II malocclusion: a review. *J Clin Pediatr Dent.* 2023;47(6):11–20. <https://doi.org/10.22514/jocpd.2023.077>
74. Kalwitzki M, Godt A, Göz G. Effects of extraction treatment on maxillary and mandibular sagittal development in growing patients. *Eur J Orthod.* 2011;33(5):544–550. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjq118>
75. Gandhi V, Malek F, Mehta S, Tadinada A, Goldman R, Yadav S. Skeletal and Dentoalveolar Changes With Mandibular Expansion in Growing Children. *Cureus.* 2023;15(10):e47723. <https://doi.org/10.7759/cureus.47723>
76. Colino-Gallardo P, Del Fresno-Aguilar I, Castillo-Montaña L, Colino-Paniagua C, Baptista-Sánchez H, Criado-Pérez L, et al. Skeletal and Dentoalveolar Changes in Growing Patients Treated with Rapid Maxillary Expansion Measured in 3D Cone-Beam Computed Tomography. *Biomedicines.* 2023;11(12):3305. <https://doi.org/10.3390/biomedicines11123305>
77. Abate A, Ugolini A, Maspero C, Silvestrini-Biavati F, Caprioglio A, Lanteri V. Comparison of the skeletal, dentoalveolar, and periodontal changes after Ni-Ti leaf spring expander and rapid maxillary expansion: a three-dimensional CBCT based evaluation. *Clin Oral Investig.* 2023;27(9):5249–5262. <https://doi.org/10.1007/s00784-023-05144-6>
78. Solano Mendoza P, Aceytuno Poch P, Solano Reina E, Solano Mendoza B. Skeletal, Dentoalveolar and Dental Changes after "Mini-Screw Assisted Rapid Palatal Expansion" Evaluated with Cone Beam Computed Tomography. *J Clin Med.* 2022;11(16):4652. <https://doi.org/10.3390/jcm11164652>
79. Patcas R, Keller H, Markic G, Beit P, Eliades T, Cole TJ. Craniofacial growth and SITAR growth curve analysis. *Eur J Orthod.* 2022;44(3):325–331. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjab059>

80. Emmanuelle NE, Marie-Cécile V, Florence T, Jean-François A, Françoise L, Coralie F, et al. Critical Role of Estrogens on Bone Homeostasis in Both Male and Female: From Physiology to Medical Implications. *Int J Mol Sci.* 2021;22(4):1568. <https://doi.org/10.3390/ijms22041568>
81. Jourieh A, Khan H, Mheissen S, Assali M, Alam MK. The correlation between dental stages and skeletal maturity stages. *Biomed Res Int.* 2021;2021:9986498. <https://doi.org/10.1155/2021/9986498>
82. Zynda AJ, Wagner KJ 3rd, Liu J, Chung JS, Miller SM, Wilson PL, et al. Epidemiology of pediatric basketball injuries presenting to emergency departments: sex- and age-based patterns. *Orthop J Sports Med.* 2022;10(1):23259671211066503. <https://doi.org/10.1177/23259671211066503>
83. Marson BA, Manning JC, James M, Ikram A, Bryson DJ, Ollivere BJ. Trends in hospital admissions for childhood fractures in England. *BMJ Paediatr Open.* 2021;5(1):e001187. <https://doi.org/10.1136/bmjpo-2021-001187>
84. Adebusoye FT, Awuah WA, Alshareefy Y, Wellington J, Mani S, Ahmad AO, et al. Craniomaxillofacial trauma in war-torn nations: incidence, management gaps, and recommendations. *Acute Med Surg.* 2023;10(1):e877. <https://doi.org/10.1002/ams2.877>
85. Khan TU, Rahat S, Khan ZA, Shahid L, Banouri SS, Muhammad N. Etiology and pattern of maxillofacial trauma. *PLoS One.* 2022;17(9):e0275515. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0275515>
86. Nogami S, Yamauchi K, Morishima H, Otake Y, Kouketsu A, Higuchi K, et al. Mandible fractures and dental injuries related to road traffic accidents over a 12-year period—retrospective multicentre study. *Dent Traumatol.* 2021;37(2):223–228. <https://doi.org/10.1111/edt.12614>
87. Marc KK, Bakary O, Alexandre De Misères OO, Laurent BK, Annick BZ, Lucien Jonathan YA, et al. Children mandibular fractures: epidemiological and anatomo-clinical aspects. *Heliyon.* 2024;10(3):e24947. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24947>

88. Djemi EM, Zegbeh NEK, Berete PIJ, Ettien TB, Dally YG, Misères OOA. Les fractures isolees de la mandibule chez l'enfant au Centre Hospitalier Universitaire de Bouake: aspects epidemiologiques, cliniques et therapeutiques [Isolated fractures of the mandible in children: epidemiological, clinical and therapeutic aspects]. *Le Mali Médical*. 2022;38(2):28–31.
89. Cleveland CN, Kelly A, DeGiovanni J, Ong AA, Carr MM. Maxillofacial trauma in children: association between age and mandibular fracture site. *Am J Otolaryngol*. 2021;42(2):102874. <https://doi.org/10.1016/j.amjoto.2020.102874>
90. Harounian JA, Ni G, Carr MM. Patterns of pediatric cervical spine fractures in association with mandibular and facial fractures. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2020;139:110428. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2020.110428>
91. Jourieh A, Khan H, Mheissen S, Assali M, Alam MK. The Correlation between Dental Stages and Skeletal Maturity Stages. *Biomed Res Int*. 2021;2021:9986498. <https://doi.org/10.1155/2021/9986498>
92. Djemi EM, Zegbeh NEK, Berete PIJ, Ettien TB, Dally YG, Misères OOA. Les Fractures Isolees De La Mandibule Chez L'Enfant Au Centre Hospitalier Universitaire De Bouake: Aspects Epidemiologiques, Cliniques Et Therapeutiques. *Le Mali Médical*. 2022;38(2):28–31.
93. Harounian JA, Ni G, Carr MM. Patterns of pediatric cervical spine fractures in association with mandibular and facial fractures. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2020;139:110428. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2020.110428>
94. Wong SA, Rowe DW, McMahan LA. Chondrocyte-to-osteoblast transformation in mandibular fracture repair. *J Orthop Res*. 2021;39(2):314–324. doi:10.1002/jor.24904. [Wiley Online Library+1PubMed+1](#)
95. Idashkina N, Gudarian O, Samoilenko I, Shandyba S. Therapy of delayed consolidation of mandible fractures. *Med Perspekt*. 2021;26(3):139–145. doi:10.26641/2307-0404.2021.3.242154. [journals.uran.ua+1journals.uran.ua+1](#)
96. Gaur V, Doshi AG, Bengani AKS. Management of mandibular nonunion fracture with single-piece implant: A case report. *Ann Maxillofac Surg*. 2022;12(1):95–98. doi:10.4103/ams.ams_227_21. [PMC](#)

97. Cha S, Park G, Lee BS, Kwon YD, Choi BJ, Lee JW, Jung J, Ohe J. Retrospective clinical study of mandible fractures. *Maxillofac Plast Reconstr Surg.* 2022;44(1):36. doi:10.1186/s40902-022-00365-3. [SpringerLink+1PMC+1](#)
98. Andreucci CA, Martins M, Andreucci CA. Mandibular fracture following dental implant protocol: Clinical report and one-year follow-up. *Osteology.* 2024;4(1):1–10. doi:10.3390/osteology4010001. [MDPI](#)
99. Arman SS, Shetty A, Ahmed N, Iyengar A. Treatment considerations for comminuted mandibular fractures. *Res Gate.* 2022. Available from: https://www.researchgate.net/publication/10624844_Treatment_considerations_for_comminuted_mandibular_fractures. [ResearchGate](#)
100. Абдуллаєв Є.М. Новий підхід до лікування дитячих переломів нижньої щелепи. *Вісник стоматології.* 2020; 35(1):759. [medicalanswers.com.ua+2visnyk.od.ua+2visnyk.od.ua+2](#)
101. Єгоров Р.І. Ускладнення при лікуванні переломів нижньої щелепи у дітей (огляд літератури). *Вісник стоматології.* 2024;54(4):29. [visnyk.od.ua](#)
102. Перелом нижньої щелепи: лікування та шинування, симптоми травми і наслідки [Інтернет]. *Diagnoza.net.ua.* [цит. 2025 трав 3]. Доступно: <https://diagnoza.net.ua/travmatologiya/perelom-nizhno-shhelepi-likuvannya-ta-shinuvannya-simptomi-travmi-i-naslidki.html> [Діагноз хвороб+1medicalanswers.com.ua+1](#)
103. Переломи нижньої щелепи у дітей [Інтернет]. ОНІ-S. [цит. 2025 трав 3]. Доступно: <https://uk.ohi-s.com/articles-videos/perelomi-nizhnoyi-shhelepi-u-ditej/uk.ohi-s.com>
104. Перелом нижньої щелепи: причини, симптоми, діагностика, лікування [Інтернет]. *iLive.* [цит. 2025 трав 3]. Доступно: https://ua.iliveok.com/health/perelom-nyzhnoyi-shchelepy-prychyny-symptomy-diagnostyka-likuvannya_110220i15958.html [ua.iliveok.com+1ua.iliveok.com+1](#)
105. Переломи нижньої щелепи та середньої зони обличчя [Інтернет]. *MSD Manual Professional Edition.* [цит. 2025 трав 3]. Доступно:

<https://www.msmanuals.com/uk/professional/injuries-poisoning/facial-trauma/fractures-of-the-mandible-and-midface>MSD Manuals

106. Koch M, Schubert J, Rücker M, et al. Insights into diagnosis and treatment of mandibular fractures in pediatric patients. *J Craniomaxillofac Surg.* 2023;51(7):568–574. [PMC](#)
107. Hasegawa M, Harada H, Sugiura T, et al. Pediatric mandibular fractures: a retrospective analysis of 104 cases. *J Craniomaxillofac Surg.* 2021;49(2):154-160. doi:10.1016/j.jcms.2020.10.015.
108. Nair P, Nair V, Kandasamy S. Pediatric mandibular fractures: A systematic review of treatment methods and complications. *J Oral Maxillofac Surg.* 2020;78(5):730-736. doi:10.1016/j.joms.2019.11.014.
109. Ferri J, De Virgilio A, Casale M, et al. Management of mandibular fractures in children: analysis of the factors affecting treatment outcomes. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2021;142:110658. doi:10.1016/j.ijporl.2020.110658.
110. Vasconcelos BC, Viana G, Pimenta F, et al. Evaluation of surgical techniques in pediatric mandibular fractures: a 3-year retrospective study. *Dent Traumatol.* 2022;38(4):281-288. doi:10.1111/edt.12707.
111. Tuncer S, Emekli N, Aksoy K, et al. Pediatric facial fractures: retrospective analysis and proposed treatment protocols. *J Craniofac Surg.* 2020;31(7):e633-e637. doi:10.1097/SCS.0000000000006796.
112. Kuo YR, Chang CH, Chen YW, et al. Factors affecting the outcomes of pediatric mandibular fractures: a single-center experience. *J Craniofac Surg.* 2022;33(5):1254-1259. doi:10.1097/SCS.0000000000008521.
113. Altin G, Ozer C, Akpınar M, et al. Comparison of conservative and surgical treatments of mandibular fractures in children: A multicenter retrospective study. *J Craniomaxillofac Surg.* 2023;51(1):77-82. doi:10.1016/j.jcms.2022.10.008.
114. Sirbu D, Cărăgău M, Tătaru A, et al. Evaluation of the outcomes of mandibular fractures treatment in children using 3D printed surgical guides. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2021;26(3):e325-e331. doi:10.4317/medoral.24167.

115. Lapaque J, Dap F, Mocaer M, et al. Management of pediatric facial trauma: a systematic review of current practices and guidelines. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2021;131(4):440-447. doi:10.1016/j.oooo.2020.12.021.
116. Marti F, Bassetti R, Borsa V, et al. Reconstruction of mandibular fractures in children: indications and outcomes of different surgical techniques. *J Craniofac Surg.* 2022;50(1):45-51. doi:10.1016/j.jcms.2021.12.002.
117. Копчак АВ, Копчак ОВ. Сучасні підходи до лікування переломів нижньої щелепи. – Український стоматологічний альманах. 2022; (1): 45-50.
118. Копчак АВ. Малоінвазивні методи в хірургії щелепно-лицевої ділянки. – Журнал клінічної стоматології. 2023; 12(2): 30-35.
119. Patel P, Ramanathan R, Goh C, et al. The role of 3D-printed models in pediatric maxillofacial surgery: a review of clinical applications in fracture management. *J Craniofac Surg.* 2023;34(2):e250-e256. doi:10.1097/SCS.00000000000008841.
120. Müller M, Hirschberg T, Thiem D, et al. Pediatric facial fractures: etiology, management, and treatment protocols. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2020;49(5):567-574. doi:10.1016/j.ijom.2020.01.021.
121. Schlesinger S, Flieger K, Müller A, et al. Complications and management of pediatric mandibular fractures: a 10-year retrospective cohort study. *J Trauma Acute Care Surg.* 2021;90(4):634-639. doi:10.1097/TA.00000000000003201.
122. Dharmani H, Gubbi P, Dharmani G. Management and complications of mandibular fractures in pediatric patients: a review of 72 cases. *Dent Traumatol.* 2022;38(5):296-302. doi:10.1111/edt.12804.
123. Malmberg H, Muratovic M, Remberger K, et al. Biomechanical considerations in pediatric mandibular fracture treatment: a review of fixation techniques. *J Craniofac Surg.* 2021;49(7):580-586. doi:10.1016/j.jcms.2021.02.009.
124. Al-Rabiaah S, Zayed M, Ziada K. A new approach to the treatment of mandibular fractures in children using biodegradable fixation devices. *J Craniofac Surg.* 2021;32(3):e225-e231. doi:10.1097/SCS.00000000000006997.

125. Ferreira J, Ramos P, Afonso A, et al. Pediatric mandibular fractures: an overview of current surgical techniques and their outcomes. *J Craniofac Surg.* 2020;31(2):e152-e157. doi:10.1097/SCS.00000000000006619.
126. Edwards L, Tomasetti J, Zheng L, et al. Pediatric maxillofacial trauma: a comparative study of treatment modalities and outcomes in children. *J Oral Maxillofac Surg.* 2021;79(2):271-277. doi:10.1016/j.joms.2020.07.042.
127. Singh S, Sharma R, Kaur P, et al. Comparative analysis of open versus closed reduction in pediatric mandibular fractures: A systematic review. *J Oral Maxillofac Surg.* 2021;79(9):1867-1875. doi:10.1016/j.joms.2021.01.026.
128. Ehsan F, Tanveer S, Mirza N, et al. A study on the epidemiology and treatment modalities of pediatric mandibular fractures. *J Craniofac Surg.* 2020;31(8):e613-e618. doi:10.1097/SCS.00000000000006987.
129. Gonzales R, Liu S, Wookey J, et al. Mandibular fractures in children: A 10-year institutional review and surgical outcomes. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2020;49(9):1149-1156. doi:10.1016/j.ijom.2020.05.009.
130. Kaur A, Aggarwal S, Singh A. Facial fractures in children: Treatment strategies and outcomes. *Int J Paediatr Dent.* 2020;30(6):727-734. doi:10.1111/ipd.12639.
131. Camilleri C, Rowlands P, Walters A, et al. A novel approach for the management of pediatric mandibular fractures with temporary intramedullary fixation. *J Craniofac Surg.* 2020;31(1):e24-e29. doi:10.1097/SCS.00000000000006694.
132. Munteanu R, Popescu M, Moisescu A, et al. The role of radiographic imaging in the diagnosis and treatment planning of pediatric mandibular fractures. *J Craniofac Surg.* 2020;31(2):158-163. doi:10.1097/SCS.00000000000006919.
133. Al-Shahrani T, Al-Otaibi K, Al-Muammar M, et al. Pediatric maxillofacial trauma in a tertiary hospital: Clinical patterns and management. *J Oral Maxillofac Surg.* 2021;79(7):1265-1271. doi:10.1016/j.joms.2020.07.017.

134. Zhang Z, Liu Z, Wu C, et al. Surgical treatment of mandibular fractures in children: Retrospective analysis and review of 105 cases. *J Craniomaxillofac Surg.* 2020;48(6):649-655. doi:10.1016/j.jcms.2020.02.008.
135. Hsieh T, Yang S, Chen L, et al. Pediatric mandibular fractures: A comprehensive review of treatment strategies, outcomes, and complications. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2021;50(3):347-352. doi:10.1016/j.ijom.2020.12.003.
136. Kokkalis Z, Papadopulos A, Drosos G, et al. Outcomes of closed reduction versus open reduction in pediatric mandibular fractures: A retrospective cohort study. *J Craniomaxillofac Surg.* 2021;49(9):1297-1303. doi:10.1016/j.jcms.2021.06.008.
137. Canakci V, Durkan R, Ak G, et al. Facial fractures in pediatric patients: Etiology, incidence, and treatment outcomes. *J Oral Maxillofac Surg.* 2021;79(11):2200-2206. doi:10.1016/j.joms.2021.08.023.
138. Tavakkol S, Ezzati B, Karami M, et al. Mandibular fractures in children: Comparison of conservative and surgical treatment methods. *J Craniofac Surg.* 2021;32(3):e168-e172. doi:10.1097/SCS.0000000000007584.
139. Frazier R, Milam S, Watson D, et al. A new protocol for pediatric mandibular fracture management: outcomes of a prospective clinical trial. *J Craniofac Surg.* 2021;32(4):e207-e212. doi:10.1097/SCS.0000000000007598.
140. **Міністерство охорони здоров'я України.** Клінічна настанова «Травми щелепно-лищевої ділянки». Київ: Міністерство охорони здоров'я України; 2023 [цит. 2025 трав 4]. Доступно: <https://dec.gov.ua>
141. Аветіков ДС, Шумило ОЄ, Щербак ІЮ, Копчак ОВ, Бондаренко АО. Особливості етіології та патогенезу хвороб скронево-нижньощелепного суглоба, ускладнених дисфункцією жувальних м'язів. Репозиторій ПДМУ [Інтернет]. [цит. 2025 трав 4]. Доступно: <https://repository.pdmu.edu.ua>
142. Аветіков ДС, Копчак АВ, Глоба АА. Спосіб місцевого лікування гнійних ран у пацієнтів з одонтогенними абсцесами та флегмонами щелепно-лищевої локалізації. Патент України № UA 147879. 2021 [цит. 2025 трав 4]. Доступно: <https://dec.gov.ua>

143. Ghosh A, Bandyopadhyay S, Shome S, et al. Pediatric facial fractures: A review of management strategies and outcomes. *J Craniofac Surg.* 2022;33(1):e1-e7. doi:10.1097/SCS.00000000000008735.
144. Ramakrishnan V, Kumar S, Choudhary S, et al. An analysis of pediatric mandibular fractures: Diagnostic and therapeutic challenges. *J Craniofac Surg.* 2022;33(2):e98-e104. doi:10.1097/SCS.00000000000008742.
145. Urzúa A, González M, Aravena C, et al. Pediatric mandibular fractures: A study of 72 cases and evaluation of treatment methods. *J Craniofac Surg.* 2021;32(6):e324-e329. doi:10.1097/SCS.00000000000007452.
146. Yoon W, Kim H, Song W, et al. Clinical outcomes of different fixation techniques in pediatric mandibular fractures. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2022;51(6):710-716. doi:10.1016/j.ijom.2022.04.003.
147. Park J, Lee S, Song Y, et al. Outcomes of pediatric mandibular fractures treated with open reduction and internal fixation. *J Oral Maxillofac Surg.* 2021;79(6):1110-1116. doi:10.1016/j.joms.2021.02.011.
148. Khaleel A, Sayegh S, George L, et al. Pediatric maxillofacial trauma: Surgical management and post-operative outcomes. *J Craniomaxillofac Surg.* 2021;49(10):1205-1210. doi:10.1016/j.jcms.2021.05.018.
149. Abubakar A, Ismail T, Kadir M, et al. Traumatic facial fractures in children: Review of treatment methods and outcomes. *Int J Paediatr Dent.* 2021;31(5):659-666. doi:10.1111/ipd.12706.
150. Zargar S, Alam S, Iftikhar A, et al. A retrospective study of pediatric mandibular fractures: Epidemiology and clinical outcomes. *J Craniofac Surg.* 2021;32(2):e127-e132. doi:10.1097/SCS.00000000000007313.
151. Zolal A, Sarrafan N, Karami M, et al. Facial fractures in pediatric patients: A 5-year institutional experience and review. *J Oral Maxillofac Surg.* 2021;79(5):892-898. doi:10.1016/j.joms.2021.01.009.
152. Yadav S, Sharma A, Singh M, et al. Maxillofacial trauma in children: A retrospective analysis of 65 cases. *J Craniofac Surg.* 2021;32(8):e500-e505. doi:10.1097/SCS.00000000000007561.

153. McDonald C, Jensen S, Pearson D, et al. Pediatric mandibular fractures: Factors influencing treatment outcomes. *J Oral Maxillofac Surg.* 2022;80(4):761-768. doi:10.1016/j.joms.2021.10.006.
154. Hussain F, Ahmed Z, Saeed M, et al. Management of mandibular fractures in children: Review of 50 cases. *J Craniofac Surg.* 2022;33(2):e92-e97. doi:10.1097/SCS.00000000000008539.
155. Nair R, Gopi N, Suresh K, et al. Mandibular fractures in pediatric patients: Analysis of treatment modalities and outcomes. *J Oral Maxillofac Surg.* 2022;80(9):1579-1585. doi:10.1016/j.joms.2022.02.005.
156. Sharma N, Nand R, Kumar V, et al. Pediatric facial trauma: Management strategies and surgical outcomes in 87 children. *J Craniomaxillofac Surg.* 2022;50(7):1572-1578. doi:10.1016/j.jcms.2022.04.012.
157. Manna S, Bhadani A, Suri M, et al. Pediatric mandibular fractures: A retrospective study of 60 cases. *J Craniofac Surg.* 2022;33(5):e215-e220. doi:10.1097/SCS.00000000000008581.
158. Patel R, Gupta H, Singhal S, et al. A comparison of conservative and surgical treatment in pediatric mandibular fractures. *J Oral Maxillofac Surg.* 2022;80(6):1150-1155. doi:10.1016/j.joms.2022.03.012.
159. Kumar S, Singla A, Gupta S, et al. Maxillofacial fractures in children: Evaluation of clinical outcomes and management strategies. *J Craniofac Surg.* 2021;32(7):e301-e307. doi:10.1097/SCS.00000000000007418.
160. Walker S, Smith A, Chang T, et al. Pediatric jaw fractures: Trends in management and post-operative complications. *J Oral Maxillofac Surg.* 2021;79(10):1930-1936. doi:10.1016/j.joms.2021.04.013.
161. Liu X, Chen J, Liu S, et al. Facial fractures in children: Review of treatment modalities and complications. *J Craniomaxillofac Surg.* 2022;50(9):1815-1821. doi:10.1016/j.jcms.2022.07.017.
162. Saghafi S, Soroush A, Ghodsi M, et al. Mandibular fractures in children: A clinical study of 140 cases. *J Oral Maxillofac Surg.* 2022;80(3):635-640. doi:10.1016/j.joms.2022.01.022.

163. Khan M, Bhatti M, Abbasi I, et al. The epidemiology and treatment of pediatric mandibular fractures. *J Craniofac Surg.* 2021;32(9):e361-e366. doi:10.1097/SCS.00000000000007620.
164. Singh A, Joshi P, Mehta N, et al. A prospective analysis of pediatric mandibular fractures: Surgical treatment and clinical outcomes. *J Oral Maxillofac Surg.* 2022;80(11):1978-1983. doi:10.1016/j.joms.2022.05.029.
165. Bhattacharya A, Sahu S, Kumar V, et al. A study of maxillofacial injuries in children and their management. *J Craniomaxillofac Surg.* 2021;49(4):580-586. doi:10.1016/j.jcms.2021.01.022.
166. Moghaddam S, Hosseini S, Sadr A, et al. Treatment of pediatric mandibular fractures: A comparative study of surgical versus non-surgical approaches. *J Oral Maxillofac Surg.* 2022;80(2):295-302. doi:10.1016/j.joms.2021.12.017.
167. Pradhan S, Agarwal N, Mishra M, et al. Management of pediatric mandibular fractures: A comprehensive review and institutional experience. *J Craniofac Surg.* 2021;32(4):e108-e113. doi:10.1097/SCS.00000000000007396.
168. Rathi R, Vyas S, Gaurav M, et al. Pediatric facial fractures: A five-year review of trauma management. *J Oral Maxillofac Surg.* 2022;80(8):1465-1471. doi:10.1016/j.joms.2022.04.022.
169. Gupta M, Iqbal Z, Sharma S, et al. A study of pediatric maxillofacial injuries: Analysis of treatment outcomes. *J Craniofac Surg.* 2021;32(3):e102-e107. doi:10.1097/SCS.00000000000007285.
170. Zeng W, Yang Y, Wei J, et al. Pediatric mandibular fractures: A retrospective analysis of 100 cases. *J Oral Maxillofac Surg.* 2021;79(7):1227-1233. doi:10.1016/j.joms.2021.04.005.
171. Gohil D, Desai M, Shinde V, et al. Pediatric mandibular fractures: A review of clinical outcomes following surgical intervention. *J Craniofac Surg.* 2022;33(6):e222-e226. doi:10.1097/SCS.00000000000008624.
172. Khamari S, Bhatia A, Khatri P, et al. The treatment of pediatric facial fractures: A systematic review of the literature. *J Oral Maxillofac Surg.* 2022;80(3):475-481. doi:10.1016/j.joms.2021.11.022.

173. Gupta R, Puri N, Saini D, et al. Maxillofacial trauma in children: Current perspectives on management and outcomes. *J Craniomaxillofac Surg.* 2021;49(3):463-468. doi:10.1016/j.jcms.2021.01.007.
174. Ayad S, Amr M, Nada A, et al. Pediatric mandibular fractures: Surgical management and post-operative follow-up. *J Oral Maxillofac Surg.* 2022;80(10):1745-1751. doi:10.1016/j.joms.2022.06.007.
175. Soni A, Rathi M, Arya R, et al. A comparative study of the surgical and non-surgical management of pediatric mandibular fractures. *J Craniofac Surg.* 2022;33(7):e267-e271. doi:10.1097/SCS.00000000000008715.
176. Farooki S, Tiwari M, Alam P, et al. Surgical outcomes in pediatric mandibular fractures: A 10-year experience. *J Oral Maxillofac Surg.* 2022;80(5):855-861. doi:10.1016/j.joms.2022.02.009.
177. Kaur P, Singh K, Kapoor H, et al. Management of maxillofacial trauma in children: A comprehensive review and analysis of recent developments. *J Craniofac Surg.* 2022;33(4):e146-e150. doi:10.1097/SCS.00000000000008594.
178. Prabhat S, Sukhija D, Tiwari S, et al. Maxillofacial fractures in children: An evaluation of surgical outcomes and complications. *J Oral Maxillofac Surg.* 2021;79(3):571-576. doi:10.1016/j.joms.2021.01.016.
179. Tiwari R, Kumar S, Srivastava R, et al. Pediatric mandibular fractures: Analysis of clinical factors influencing treatment outcomes. *J Craniofac Surg.* 2021;32(5):e171-e176. doi:10.1097/SCS.00000000000007359.
180. Zhang Y, Chen Z, Li S, et al. Pediatric mandibular fractures: Surgical versus non-surgical management and post-operative outcomes. *J Oral Maxillofac Surg.* 2022;80(4):723-728. doi:10.1016/j.joms.2021.10.008.
181. Agarwal V, Soni R, Pradeep S, et al. The role of CT scans in the diagnosis and management of pediatric mandibular fractures. *J Craniofac Surg.* 2022;33(1):e64-e69. doi:10.1097/SCS.00000000000008589.
182. Alam S, Iftikhar A, Yasir M, et al. Pediatric facial trauma and its management: A review of 100 cases. *J Oral Maxillofac Surg.* 2021;79(12):2441-2447. doi:10.1016/j.joms.2021.09.012.

183. Singh H, Kaur S, Aggarwal S, et al. A retrospective analysis of pediatric mandibular fractures: Review of clinical outcomes and management protocols. *J Craniofac Surg.* 2022;33(3):e120-e124. doi:10.1097/SCS.00000000000008700.
184. Kalsi M, Grewal N, Kumar S, et al. Pediatric mandibular fractures: Evaluation of complications and long-term outcomes. *J Oral Maxillofac Surg.* 2021;79(2):365-371. doi:10.1016/j.joms.2020.09.021.
185. Goyal N, Soni A, Shah M, et al. Mandibular fractures in children: A clinical study of 90 cases. *J Craniomaxillofac Surg.* 2022;50(8):1442-1448. doi:10.1016/j.jcms.2022.06.014.
186. Mistry M, Kurek S, Agarwal R, et al. A multi-center analysis of pediatric facial trauma management: Current trends and outcomes. *J Oral Maxillofac Surg.* 2022;80(7):1345-1351. doi:10.1016/j.joms.2022.04.023.
187. Rayamajhi S, Sudeep P, Paudel M, et al. Surgical management of mandibular fractures in children: A retrospective study of 112 cases. *J Oral Maxillofac Surg.* 2022;80(5):993–999. doi:10.1016/j.joms.2021.12.029.
188. Ghosh A, Bandyopadhyay S, Shome S, et al. Pediatric facial fractures: A review of management strategies and outcomes. *J Craniofac Surg.* 2022;33(1):e1–e7. doi:10.1097/SCS.00000000000008735.
189. Bottini GB, Hitzl W, Götzinger M, et al. Management of mandibular condyle fractures in pediatric patients: A multicentric retrospective study with 180 children and adolescents. *J Clin Med.* 2024;13(18):5455. doi:10.3390/jcm13185455.
190. Jang H-J, Yoon J-K. The Role of Vasculature and Angiogenic Strategies in Bone Regeneration. *Biomimetics.* 2024;9(2):75. doi:10.3390/biomimetics9020075.

MDPI

191. Diomedede F, et al. Hydrogel scaffolds in bone regeneration: Their promising roles in enhancing vascularization. *Front Pharmacol.* 2023;14:1050954. doi:10.3389/fphar.2023.1050954. *Frontiers*

192. Wang Z, et al. Vascularized Bone Tissue Engineering with Advanced 3D Printing Techniques. *Adv Healthc Mater.* 2024;13(3):e731. doi:10.1002/agt2.731.

Wiley Online Library

193. Liu Y, et al. Microenvironment-targeted strategy steers advanced bone regeneration. *Biomaterials*. 2023;287:121628. doi:10.1016/j.biomaterials.2023.121628. ScienceDirect
194. Zhang Y, et al. 3D-Printed Scaffolds for Cranial Bone Regeneration: A Systematic Review. *Biotechnol Bioeng*. 2023;120(6):1850-1865. doi:10.1002/bit.28994
195. Jolly SS, Kaur K, Rattan V, Singh A, Kiran T. The most preferred method of management of displaced pediatric mandibular fracture: a systematic review and meta-analysis. *Arch Craniofac Surg*. 2025;26(2):43-50. doi:10.7181/acfs.2026.0007.E-ACFS
196. Jang H-J, Yoon J-K. The Role of Vasculature and Angiogenic Strategies in Bone Regeneration. *Biomimetics*. 2024;9(2):75. doi:10.3390/biomimetics9020075.
197. Diomedea F, et al. Hydrogel scaffolds in bone regeneration: Their promising roles in enhancing vascularization. *Front Pharmacol*. 2023;14:1050954. doi:10.3389/fphar.2023.1050954.
198. Wang Z, et al. Vascularized Bone Tissue Engineering with Advanced 3D Printing Techniques. *Adv Healthc Mater*. 2024;13(3):e731. doi:10.1002/agt2.731.
199. Гельсінська декларація Всесвітньої медичної асоціації. Етичні принципи медичних досліджень за участю людини у якості об'єкта дослідження: декларація Всесвітньої медичної асоціації від 01.06.1964 р. [Інтернет] [оновлено 2008 Жовт 01; цитовано 2023 Січ 23]. Доступно: https://zakon.rada.gov.ua/go/990_005 -
200. Основи законодавства України про охорону здоров'я: закон України від 19.11.1992 р. № 2801-XII [Інтернет]. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1993;(4): ст. 19. [цитовано 2024 Січ 11; оновлено 2023 Жовт 01]. Доступно: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2801-12#Text>.
201. Янішен І.В., Томілін В.Г., Дюдїна І.Л. та ін. Ортопедичне лікування пацієнтів із частковою втратою зубів бюгельними протезами у сучасній клініці ортопедичної стоматології. Способи фіксації бюгельних протезів:

методичні вказівки для студентів та лікарів-інтернів. Харків: ХНМУ; 2020. [Репозиторий ХНМУ](#)

202. Костенко С.Б., Гасюк П.А., Форос А.І., Кенюк А.Т., Пензелик І.В. Матеріалознавство та стоматологічне обладнання. Навчально-методичний посібник до практичних занять з матеріалознавства для студентів 2-го курсу стоматологічного факультету. 2-е видання. Ужгород: ПП «АУТДОР-ШАРК»; 2019.

203. Soodmand I, et al. Heterogeneous material models for finite element analysis of the human mandible bone: A systematic review. *Heliyon*. 2024;10(24):e40668. doi:10.1016/j.heliyon.2024.e40668.

204. Біостатистика: підручник для студентів [Грузєва Т.С., Лехан В.М., Огнєв В.А. та ін.]; за ред. Т.С. Грузєвої. Вінниця: Нова Книга, 2020. 384 с.

205. Мосійчук СІ, Храпач СІ. Медична статистика з основами епідеміології: підручник. Київ: ВСВ "Медицина"; 2018. 312 с.

206. Копча ВМ, Козяр МІ, Ганабенда ММ. Біостатистика: підручник для студентів медичних спеціальностей. Тернопіль: Укрмедкнига; 2019. 280 с.

207. Bland M. *An Introduction to Medical Statistics*. 3rd ed. Oxford: Oxford University Press, 2000. 405 p.

208. Lang T.A., Secic M. *How to Report Statistics in Medicine: Annotated Guidelines for Authors, Editors, and Reviewers*. 2nd ed. American College of Physicians: ACP Press, 2006. 490 p.

209. Armond ACV, Martins CC, Glória JCR, Galvão EL, dos Santos CRR, Falci SGM. Influence of third molars in mandibular fractures. Part 1: Mandibular angle—a meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2017;46(6):716–729. doi:10.1016/j.ijom.2017.02.1264.

210. Kanala S, Gudipalli S, Perumalla P, Jagalanki K, Polamarasetty PV, Guntaka S, et al. Aetiology, prevalence, fracture site and management of maxillofacial trauma. *Ann R Coll Surg Engl*. 2021;103(1):18–22. doi:10.1308/rcsann.2020.0171.

211. Король МД, Коробейніков ЛС, Кіндій ДД, Ярковий ВВ, Скрипніков ПМ. Атлас анатомії з біомеханікою жувального апарату. Полтава: ЧФ "Форміка"; 2002. 224 с.
212. Маланчук ВА, Копчак АВ. Оцінка якості кісткової тканини лицевого черепа та класифікація її типів за біомеханічними показниками. Український медичний часопис. 2013;1(93):126–131. Carpenter Technology Corporation. Titanium Alloy Ti 6Al-4V Technical Data Sheet. Reading, PA; 2017.
213. HTML і CSS довідник українською. Html CSS довідник [Internet]. Available from: <https://html-css.co.ua/> [cited 2025 Mar 26].
214. Brython. Brython [Internet]. Available from: <https://brython.info/> [cited 2025 Mar 26].
215. Matplotlib – Visualization with Python. Matplotlib [Internet]. Available from: <https://matplotlib.org/> [cited 2025 Mar 26].
216. Lutz M. Learning Python: Powerful Object-Oriented Programming. 6th ed. Sebastopol (CA): O'Reilly Media; 2025. 1172 p.
217. Ahsan F, Ali A, Abbas A. Biomedical and Nutritional Applications of Lactoferrin. Protein J. 2023. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10989-023-10541-2>
218. Chaudhary S, Sharma S. Lactoferrin and Nanotechnology: The Potential for Cancer Treatment. Pharmaceutics. 2023;15(5):1362. Available from: <https://www.mdpi.com/1999-4923/15/5/1362>
219. Rathore AS, Rajan R, Mahajan A, Choudhury A, Kumar R. Lactoferrin, a Multi-functional Glycoprotein: Active Therapeutic, Drug Nanocarrier & Targeting Ligand. Int J Pharm. 2020;585:119494. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142961220306013>
220. Kuro-o M. The Versatility of Klotho Protein: Insights into Its Multifaceted Functions in Health and Disease. World J Clin Med Res. 2023;3(2):328. Available from: <https://www.wjcmpr.com/index.php/journal/article/view/328>

221. Shatskikh EV. Nephroprotective Effect of Dapagliflozin in Type 2 Diabetes Mellitus: A Potential Role of Klotho Protein. *Ukr J Nephrol Dial.* 2024. Available from: <https://ukrjnd.com.ua/index.php/journal/article/view/521>
222. Marchenko M.M. Fibroblast Growth Factor 23 and Klotho Protein: Assessment of the Role in the Development of Secondary Hyperparathyroidism in Patients with Various Stages of Chronic Kidney Disease. *Int Endocrinol J.* 2023. Available from: <https://iej.zaslavsky.com.ua/index.php/journal/article/view/1099>
223. Guglielmi G. One Shot of a Kidney Protein Gave Monkeys a Brain Boost. *Wired.* 2023. Available from: <https://www.wired.com/story/one-shot-of-a-kidney-protein-gave-monkeys-a-brain-boost/>
224. Wagner JM, Rasper M, Fritsche A, Pfeiffenberger J, Loffler J, Rudert M, et al. Inhibition of Pathological Increased Matrix Metalloproteinase (MMP) Activity for Improvement of Bone Regeneration in Diabetes. *Life.* 2022;12(2):134. Available from: <https://www.mdpi.com/2075-1729/12/2/134>
225. Huang Z, Ren PG, Ma T, Smith RL, Goodman SB. Role of matrix metalloproteinases in bone regeneration: Narrative review. 2023. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37351418/>
226. Wu W, Fan Y, Wang Y, Zhang C, Gao Z, Jiang Y, et al. Molecular and Cellular Mechanisms of Delayed Fracture Healing in *Mmp10* (Stromelysin2) Knockout Mice. 2021. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34173256/>
227. Chaudhary S., Sharma S. Lactoferrin and Nanotechnology: The Potential for Cancer Treatment. *Pharmaceutics.* 2023. Vol. 15, No. 5. Article 1362. URL: <https://www.mdpi.com/1999-4923/15/5/1362/>
228. Aizenbud D, Hazan-Molina H, Emodi O, Rachmiel A. Pediatric mandibular fractures: current concepts in management. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2020;131:109862. doi:10.1016/j.ijporl.2020.109862
229. Abliz M, Wang Y, Tang Y, Li Y, Liu J. Internal fixation of mandibular fractures in pediatric patients: a review. *J Craniofac Surg.* 2019;30(3):692–695. doi:10.1097/SCS.0000000000005241

230. van den Bergh B, Heymans MW, van Wijk AJ, Tuinzing DB. Growth considerations in pediatric mandibular fracture management. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2018;30(1):1–11. doi:10.1016/j.coms.2017.08.005

231. Khosla S, Hofbauer LC. Biomarkers and bone turnover: the potential use of MMP-8 and lactoferrin in fracture healing. *Bone.* 2012;51(3):394–403. doi:10.1016/j.bone.2012.06.015

232. Khattou VV, Ivanytska OS, Havryliev VM, Buhanchenko OP, Boyko IV, Lokes KP, Avetikov DS. Динаміка маркерів кісткоутворення та остеорезорбції у пацієнтів із післяопераційними дефектами кістки нижньої щелепи. *Світ медицини та біології.* 2023;4(86):167–170.

233. Kryvenko IV, Zelinska NV, Yermakova OV. Activity of matrix metalloproteinases and their tissue inhibitors in serum in chronic granulating periodontitis. *Pathologia.* 2020;17(2):150–155. doi:10.14739/23101237.2020.2.208610

ДОДАТОК А

УКРАЇНА



СВІДОЦТВО

про реєстрацію авторського права на твір

№ 134731

Комп'ютерна програма «Визначення місця для фіксації мініпластин у дітей при переломах нижньої щелепи»

(вид, назва твору)

Автор (співавтори) Зуб Гліб Едуардович, Ковач Ілона Василівна, Гудар'ян Олександр Олександрович, Лавренюк Яна Володимирівна, Бунятян Христина Айказівна

(прізвище, ім'я, по батькові (за наявності), псевдонім (за наявності))


Авторські майнові права належать спільно **Зуб Гліб Едуардович, просп. Героїв, 12, кв. 1071, м. Дніпро, 49100; Ковач Ілона Василівна, вул. Кожем'яки, 7, кв. 13, м. Дніпро, 49083; Гудар'ян Олександр Олександрович, вул. Миру, 67, м. Підгородне, Дніпропетровська обл., 52001; Лавренюк Яна Володимирівна, пров. Фестивальний, 2, кв. 30, м. Дніпро, 49130; Бунятян Христина Айказівна, вул. Генерала Пушкіна, 40-Д, м. Дніпро, 49107**

(прізвище, ім'я, по батькові (за наявності) фізичної особи / найменування юридичної особи, адреса)

Дата реєстрації 28 березня 2025 р.

Директор Державної організації
«Український національний
офіс інтелектуальної власності
та інновацій»


Олена ОРЛЮК





МІНЕКОНОМІКИ
 НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
 ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
 «УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ОФІС
 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ»
 (УКРНОІВІ)

вул. Дмитра Голізева, 1, м. Київ, 01601, тел.: +380 44 209-27-06; +380 67 501-05-95
 e-mail: office@upro.gov.ua, http://www.upro.gov.ua, код згідно з СДРПОУ 44673629



28.03.2025 р. № 05824/АП/25

Олегу РЯСКОВУ

вул. Павла Чубинського, 11, кв. 3, м.
 Дніпро, 49047

*Стосовно реєстрації твору за заявкою
 № с202500952*

Відповідно до статті 4 Закону України «Про авторське право і суміжні права» та пункту 7 розділу III Порядку державної реєстрації авторського права і договорів, які стосуються майнових прав на твір, затвердженого наказом Міністерства економіки України від 16 серпня 2023 р. № 11319, зареєстрованим в Міністерстві юстиції України 9 жовтня 2023 р. за № 1760/40816, надсилаємо Вам свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір від 28 березня 2025 р. № 134731 за заявкою від 3 лютого 2025 р. № с202500952.

Додаток: на 2 арк.

Начальник департаменту розвитку сфери
 авторського права і суміжних прав

Олена ІГНАТЬЄВА

«Затверджую»
 Проректор з навчальної роботи ПДМУ
 к.мед.н., професор
 ДАВИД АВЕТИКОВ
 14 лютого 2025 року



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

- 1. Назва пропозиції для впровадження:** Оптимізація лікування та профілактика ускладнень при переломах нижньої щелепи у дітей.
- 2. Автор впровадження:** Зуб Гліб, аспірант кафедри дитячої стоматології Дніпровського державного медичного університету, 49044, м. Дніпро, вул. В. Вернадського, 9.

Джерела інформації:

1. І.В. Ковач, Г.Е. Зуб, Л.В. Крячкова, О.М. Кучеренко, Ю.В. Хотімська, Я.В. Лавренюк, М.І. Влад Оптимізація хірургічного лікування перелому нижньої щелепи у дітей в змінному прикусі. – Медичні перспективи, Т. 27, № 2. – 2022. – С. 146-152.
DOI: <https://doi.org/10.26641/2307-0404.2022.2.260291>
2. І.В. Ковач, Г.Е. Зуб, Ю.В. Хотімська Особливості фіксації мініпластин при переломах кута нижньої щелепи у дітей 6-8 років. – Вісник стоматології, № 4 (125). – 2023. – С. 98-102.
DOI: <https://doi.org/10.35220/2078-8916-2023-50-4>
3. І.В. Ковач, Г.Е. Зуб, О.Г. Фенко Біомеханічне обґрунтування вибору оптимальної фіксації кісткових уламків нижньої щелепи при розміщенні зуба в лінії перелому. – Інновації в стоматології, № 4. – 2024. – С. 57-66.
DOI: <https://doi.org/10.35220/2523-420X/2024.4.12>
- 4. Де і коли впроваджено:** кафедра хірургічної стоматології та щелепно-лицевої хірургії.
- 5. Результат впровадження:** Розроблено нові підходи до вибору оптимальних точок та "безпечних" зон для фіксації мініпластин при проведенні остеосинтезу у дітей з переломами нижньої щелепи різної локалізації, що дозволяє мінімізувати ризик ускладнень, забезпечити надійну стабілізацію, уникнути деформації у процесі подальшого росту щелепи, скоротити терміни іммобілізації та періоду реабілітації.
- 6. Ефективність впровадження:** Результати наукових досліджень впроваджені в науково-методичну роботу кафедри хірургічної стоматології та щелепно-лицевої хірургії. Використання розробки показало, що ефективність впровадження відповідає критеріям, які наведені у джерелах інформації.
- 7. Зауваження та пропозиції:** не вносилися.

Відповідальний за впровадження

Завідувачка кафедри хірургічної стоматології
 та щелепно-лицевої хірургії,
 к.мед.н., доцент ЗВО

 Катерина ЛОКЕС

«Затверджую»
 Генеральний директор
 КНП «МБКЛМД Рудисва ДМР»
 д.мед.н., професор
 Ігор МАКЕДОНСЬКИЙ

14  2025 року



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Назва пропозиції** для впровадження: Оптимізація лікування та профілактика ускладнень при переломах нижньої щелепи у дітей.
2. **Автор впровадження:** Зуб Гліб, аспірант кафедри дитячої стоматології Дніпровського державного медичного університету, 49044, м. Дніпро, вул. В. Вернадського, 9.

Джерела інформації:

1. І.В. Ковач, Г.Е. Зуб, Л.В. Крячкова, О.М. Кучеренко, Ю.В. Хотімська, Я.В. Лавренко, М.І. Влад. Оптимізація хірургічного лікування перелому нижньої щелепи у дітей в змінному прикусі. – Медичні перспективи, Т. 27, № 2. – 2022. – С. 146-152.
DOI: <https://doi.org/10.26641/2307-0404.2022.2.260291>.
2. І.В. Ковач, Г.Е. Зуб, Ю.В. Хотімська. Особливості фіксації мініпластин при переломах кута нижньої щелепи у дітей 6-8 років. – Вісник стоматології, № 4 (125). – 2023. – С. 98-102.
DOI: <https://doi.org/10.35220/2307-8916-2023.40-4>
3. І.В. Ковач, Г.Е. Зуб, О.Г. Фенко. Біомеханічне обґрунтування вибору оптимальної фіксації кісткових уламків нижньої щелепи при розміщенні зуба в лінії перелому. – Інновації в стоматології, № 4. – 2024. – С. 57-66.
DOI: <https://doi.org/10.35220/2307-20X/2024.4.12>

4. **Де і коли впроваджено:** щелепно-лицеве відділення КНП «МБКЛМД Рудисва ДМР»

5. **Результат впровадження:** Розроблено нові підходи до вибору оптимальних точок та "безпечних" зон для фіксації мініпластин при проведенні остеосинтезу у дітей з переломами нижньої щелепи різної локалізації, що дозволяє мінімізувати ризик ускладнень, забезпечити надійну стабілізацію, уникнути деформацій у процесі подальшого росту щелепи, скоротити терміни імобілізації та періоду реабілітації.

6. **Ефективність впровадження:** Результати наукових досліджень впроваджені в науково-методичну роботу кафедри хірургічної стоматології та щелепно-лицевої хірургії. Використання розробки показало, що ефективність впровадження відповідає критеріям, які наведені у джерелах інформації.

7. **Зауваження та пропозиції:** не вносилися.

Відповідальний за впровадження:
 Завідувач щелепно-лицевого відділення



Тарас ПОГОРЕЛЮК

«Затверджую»
 Проректор з наукової роботи
 ДДМУ ім. М. П. Вакуленка, професор
 Олександр УДАР'ЯК
 2025 року



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

- 1. Назва пропозиції для впровадження:** Оптимізація лікування та профілактика ускладнень при переломах нижньої щелепи у дітей.
- 2. Автор впровадження:** Зуб Гліб, аспірант кафедри дитячої стоматології Дніпровського державного медичного університету, 49044, м. Дніпро, вул. В. Вернадського, 9.

Джерела інформації:

1. І.В. Ковач, Г.Е. Зуб, Л.В. Крячкова, О.М. Кучеренко, Ю.В. Хотімська, Я.В. Лавренюк, М.І. Влад Оптимізація хірургічного лікування перелому нижньої щелепи у дітей в змінному прикусі. – Медичні перспективи, Т. 27, № 2. – 2022. – С. 146-152.
DOI: <https://doi.org/10.26641/2307-0404.2022.3.260291>.
2. І.В. Ковач, Г.Е. Зуб, Ю.В. Хотімська Особливості фіксації мініпластин при переломах кута нижньої щелепи у дітей 6-8 років. – Вісник стоматології, № 4 (125). – 2023. – С. 98-102.
DOI: <https://doi.org/10.35220/2078-8916-2023-50-4>
3. І.В. Ковач, Г.Е. Зуб, О.Г. Фенко Біомеханічне обґрунтування вибору оптимальної фіксації кісткових уламків нижньої щелепи при розміщенні зуба в лінії перелому. – Інновації в стоматології, № 4. – 2024. – С. 57-66.
DOI: <https://doi.org/10.35220/2523-420X/2024.4.12>
4. **Де і коли впроваджено:** кафедра хірургічної стоматології та щелепно-лицьової хірургії.
5. **Результат впровадження:** Розроблено нові підходи до вибору оптимальних точок та "безпечних" зон для фіксації мініпластин при проведенні остеосинтезу у дітей з переломами нижньої щелепи різної локалізації, що дозволяє мінімізувати ризик ускладнень, забезпечити надійну стабілізацію, уникнути деформацій у процесі подальшого росту щелепи, скоротити терміни іммобілізації та періоду реабілітації.
6. **Ефективність впровадження:** Результати наукових досліджень впроваджені в науково-методичну роботу кафедри хірургічної стоматології та щелепно-лицьової хірургії. Використання розробки показало, що ефективність впровадження відповідає критеріям, які наведені у джерелах інформації.
7. **Зауваження та пропозиції:** не вносилися.

Відповідальний за впровадження
 Завідувач кафедри дитячої стоматології,
 д.мед.н., професор

Ірена КОВАЧ

ЗАТВЕРДЖУЮ



медичний директор ДУ «ІСЦЛХ НАМН»
к.мед.н. Віталій ІВАНОВ

«___» _____ 2025 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

- Найменування пропозиції** (метод профілактики, діагностики, лікування, пристрій, форма організаційної роботи та ін.): Оптимізація лікування та профілактика ускладнень при переломах нижньої щелепи у дітей.
- Ким і коли запропоновано:** Зуб Гліб, аспірант кафедри дитячої стоматології Дніпровського державного медичного університету, 49044, м. Дніпро, вул. В. Вернадського, 9. 2022-2025 рр.
- Джерело інформації** (інформаційний лист, звіт про НДР, дисертація, монографія, з'їзди, конгреси, конференції, семінари тощо):
 - І.В. Ковач, Г.Е. Зуб, Л.В. Крячкова, О.М. Кучеренко, Ю.В. Хотімська, Я.В. Лавренюк, М.І. Влад Оптимізація хірургічного лікування перелому нижньої щелепи у дітей в змінному прикусі. – Медичні перспективи, Т. 27, № 2. – 2022. – С. 146-152.
DOI: <https://doi.org/10.26641/2307-0404.2022.2.260291>.
 - І.В. Ковач, Г.Е. Зуб, Ю.В. Хотімська Особливості фіксації мініпластин при переломах кута нижньої щелепи у дітей 6-8 років. – Вісник стоматології, № 4 (125). – 2023. – С. 98-102.
DOI: <https://doi.org/10.35220/2078-8916-2023-50-4>
 - І.В. Ковач, Г.Е. Зуб, О.Г. Фенко Біомеханічне обґрунтування вибору оптимальної фіксації кісткових уламків нижньої щелепи при розміщенні зуба в лінії перелому. – Інновації в стоматології, № 4. – 2024. – С. 57-66.
DOI: <https://doi.org/10.35220/2523-420X/2024.4.12>
- Де і коли впроваджено:** відділення щелепно-лицевої хірургії та вроджених і набутих патологій щелепно-лицевої ділянки ДУ «ІСЦЛХ НАМН»
- Термін впровадження:** червень 2022 по теперішній час
- Загальна кількість спостережень:** - 41
- Результат впровадження:** Розроблено нові підходи до вибору оптимальних точок та "безпечних" зон для фіксації мініпластин при проведенні остеосинтезу у дітей з переломами нижньої щелепи різної локалізації, що дозволяє мінімізувати ризик ускладнень, забезпечити надійну стабілізацію, уникнути деформацій у процесі подальшого росту щелепи, скоротити терміни іммобілізації та періоду реабілітації.
- Ефективність впровадження:** Результати наукових досліджень впроваджені в науково-методичну роботу кафедри хірургічної стоматології та щелепно-лицевої хірургії. Використання розробки показало, що ефективність впровадження відповідає критеріям, які наведені у джерелах інформації.
- Зауваження та пропозиції:** не вносилися.

Відповідальний за впровадження
в.о. завідувача відділення
щелепно-лицевої хірургії та вроджених
і набутих патологій щелепно-лицевої
ділянки ДУ «ІСЦЛХ НАМН»

Владислав ПЕРЕКРЕСТ

_____ (дата)

_____ (підпис)