

Крічфалушій Сергій Іванович,
асистент кафедри ортопедичної стоматології,
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
ORCID ID: 0000-0002-2469-0347
м. Ужгород, Україна

Костенко Євген Якович,
доктор медичних наук, професор,
професор кафедри ортопедичної стоматології,
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
ORCID ID: 0000-0002-3997-2371
м. Ужгород, Україна

Доцільність рентгенологічного контролю стану кісткової тканини в періімплантатній ділянці у період 7-14 днів після установки дентальних імплантатів для реєстрації потенційних ознак порушення остеоінтеграції

Вступ. Метод рентгенологічного контролю залишається одним із найбільш надійних підходів до оцінки змін періімплантатної кісткової тканини та функціонального стану дентального імплантата в цілому, оскільки дозволяє виявити ознаки надмірної втрати вертикального рівня кістки відносно платформи імплантата та ділянки формування рентген-просвітлень різного ступеня вираженості та поширеності, за фактом наявності котрих можна запідозрити компрометацію прогнозу інтраосальної опори.

Мета дослідження. Оцінити значущість змін оптичної щільності кісткової тканини у період 7-14 днів після встановлення дентальних імплантатів при порівнянні таких в ділянках опор, які в подальшому були втрачені у ранні терміни моніторингу, та в ділянках опор, які характеризувались успішним пролонгованим функціонуванням.

Матеріали та методи. Досліджувана група рентгенограм складалась зі знімків, виконаних на момент постановки діагнозу ранньої дезінтеграції, а порівнювана група – з рентгенограм імплантатів, які характеризувались успішним функціонуванням, та фактом реєстрації стану кісткової тканини у аналогічний період спостереження. Усі рентгенограми були анонімізовані та конвертовані у графічний формат *.png. Після цього знімки були імпортовані у програмне забезпечення плагіну BoneJ, в якому визначали показники середньої щільності кісткової тканини на ділянках шириною в 1 мм безпосередньо навколо встановленого дентального імплантату, а також на відстані 3 мм від дентального імплантата і 3 мм від оточуючих зубів (при наявності таких)

Результати досліджень та їх обговорення. Різниця показників оптичної щільності кісткової тканини в періімплантатній області та ділянках, віддалених від імплантації, зареєстрована через 7-14 днів після встановлення інтраосальних опор, які в майбутньому були дезінтегровані у ранній період, та таких, які характеризувались успішним функціонуванням, не була статистично аргументованою та характеризувалася вираженим рівнем варіації у кожному окремому проаналізованому випадку ($p > 0,05$). Статистичний аналіз підтвердив, що основним регресором у структурі прогнозу змін кісткової тканини в періімплантатній ділянці через 7-14 днів після встановлення інтраосальної опори є середня оптична щільність кісткової тканини у ділянках, віддалених від місця імплантації, які приймалися в якості референтних під час проведення порівняння.

Висновки. Згідно отриманих даних рентгенологічний контроль стану періімплантатної кісткової тканини у період через 7-14 днів після встановлення дентального імплантата суто з метою ранньої верифікації ознак дезінтеграції при відсутності суміжної клінічної симптоматики є недоцільним, оскільки в цей період зміни в кістковій тканині пов'язані із ремоделюванням такої у відповідь на хірургічну травму, та характеризуються значною варіацією змін показників оптичної щільності, які в значній мірі залежать від вихідного стану кісткової тканини та специфіки проведення маніпуляції. Крім того, зареєстровані рентгенологічні зміни періімплантатної кісткової тканини в період 7-14 днів після встановлення інтраосальних опор за умови відсутності суміжної клінічної симптоматики не можуть бути використані у якості предикторів ймовірності ранньої втрати дентальних імплантатів.

Ключові слова: дентальні імплантати, остеоінтеграція, рентген-діагностика, кісткова тканина, стоматологічне лікування.

Krichfalushij Sergiy Ivanovych, Teaching Assistant of the Department of Prosthetic Dentistry, Uzhhorod National University, ORCID ID: 0000-0002-2469-0347, м. Ужгород, Україна

Kostenko Yevhen Yakovich, Doctor of Medical Sciences, Full Professor, Professor of Department of Prosthetic Dentistry, Uzhhorod National University, ORCID ID: 0000-0002-3997-2371, м. Ужгород, Україна

Suitability of x-ray monitoring for the state of bone tissue at the peri-implant area during the period of 7-14 days after dental implants placement for the registration of potential signs of osteointegration disorders

Introduction. The X-ray control method remains one of the most reliable approaches for assessing changes in the peri-implant bone tissue and the functional state of the dental implant as a whole, as it allows to detect signs of excessive loss of the vertical level of the bone relative to the implant platform and the area of radiolucency of various degrees of severity and prevalence, the presence of which itself can help to suspect compromising prognosis of the intraosseous fixture.

Objective. To evaluate the significance of changes in the optical density of bone tissue in the period 7-14 days after the dental implants placement while comparing such in the areas of fixtures that were subsequently lost in the early periods of monitoring, and in the areas of fixtures that were characterized by successful prolonged functioning.

Materials and methods. The studied group of radiographs consisted of images taken at the time of early implant disintegration diagnostics, and the compared group consisted of radiographs of implants that were characterized by successful functioning and taken at the same period of observation. All X-rays were anonymized and converted to graphic format *.png. After that, the images were imported into the BoneJ plugin software, in which the average bone density was determined in areas 1 mm wide immediately around the installed dental implant, as well as at a distance of 3 mm from the dental implant and 3 mm from the surrounding teeth (if present).

Research results. The difference in the optical density of bone tissue in the peri-implant area and areas remote from implantation registered 7-14 days after fixture placement in the cases of dental implants disintegrated in the early period and those that were characterized with successful functioning was not statistically substantiated and was characterized by a pronounced level of variations in each individual analyzed case ($p > 0,05$). Statistical analysis confirmed that the main regressor in the structure of the prediction of changes in bone tissue at the peri-implant area 7-14 days after the intraosseous fixture placement was the average optical density of bone tissue in areas far from the implantation site, which were used as references during the comparison.

Conclusions. According to the obtained data, X-ray control of the state of peri-implant bone tissue in the period 7-14 days after the dental implant placement purely for the purpose of early verification of signs of disintegration in the absence of adjacent clinical symptoms is impractical, since during this period changes in bone tissue are associated with remodeling as response to surgical trauma, and are characterized by a significant variation in changes of optical density indicators, which largely depend on the initial state of the bone tissue and the specifics of the manipulation. In addition, registered radiological changes of the peri-implant bone tissue in the period 7-14 days after the placement of intraosseous fixtures not associated with any clinical symptoms, cannot be used as predictors of the probability for early loss of dental implants.

Key words: dental implants, osseointegration, X-ray diagnostics, bone tissue, dental treatment.

Вступ. Попри наявність чітко визначених критеріїв успішності функціонування дентальних імплантів, досі відмічається певна неузгодженість у ієрархії симптомів та ознак, які б могли бути використані для підтвердження діагнозу саме ранньої дезінтеграції внутрішньокісткових опор [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. Найбільш клінічно-значущими на сьогодні виглядають прогностичні моделі, які аргументують потребу у ідентифікації, контролі та модифікації впливу низки факторів ризику, асоційованих із порушенням остеоінтеграції дентальних імплантів, таким чином виокремлюючи ті з них, які можуть характеризуватися найбільш вираженим негативним впливом у кожній окремій клінічній ситуації [5, 6, 7].

Метод рентгенологічного контролю залишається одним із найбільш надійних підходів до оцінки змін періімплантатної кісткової тканини та функціонального стану дентального імплантата в цілому, оскільки дозволяє виявити ознаки надмірної втрати вертикального рівня кістки відносно платформи імплантата та ділянки формування рентген-просвілень різного ступеня вираженості та поширеності, за фактом наявності котрих можна запідозрити компрометацію прогнозу інтраосальної опори [8, 9].

Попри те досі остаточно не встановлено, якою насправді є прогностична значущість рентгенологічних змін кісткової тканини в ранній період після імплантації щодо прогнозу ймовірності втрати дентального імплантату по причині порушення процесу його остеоінтеграції [10, 11]. Крім того невирішеним питанням також залишається періодичність проведення рентгенологічного контролю для ранньої верифікації ознак дезінтеграції у безпосередній післяопераційний період [10, 11].

Мета. Оцінити значущість змін оптичної щільності кісткової тканини у період 7-14 днів після встановлення дентальних імплантів при порівнянні таких в ділянках опор, які в подальшому були втрачені у ранні терміни моніторингу, та в ділянках опор, які характеризувались успішним пролонгованим функціонуванням.

Методологія та методи дослідження. З бази даних медичної документації, наявної у лікарів Університетської стоматологічної поліклініки (стоматологічний факультет ДВНЗ «Ужгородський національний університет»), були відібрані зареєстровані випадки ранньої

втрати дентальних імплантів у кількості 52 інтраосальних одиниць. Ретроспективна оцінка використовуваних лікарями критеріїв діагностики ранньої втрати дентальних імплантів не проводилась, оскільки відбір даних випадків забезпечувався згідно задокументованих фактів вилучення попередньо встановлених імплантів у період до фіксації абатмента з чи без послідуочого виконання процедури повторної імплантації. Із первинно сформованої когорти 52 випадків втрати дентальних імплантів були вилучені такі, які на момент постановки діагнозу ранньої дезінтеграції дентальних імплантів не були підтвердженні результатами периапікальної рентгенографії, або ж результати рентген-діагностики котрих характеризувались вираженими дисторціями зображення рентгенограми. До уваги також не приймалися клінічні випадки ранньої дезінтеграції дентальних імплантів, стан котрих не був рентгенологічно-підтвердженим у період 7-14 днів після імплантації, а також випадки, при яких процедуру імплантації проводили паралельно із процедурою аугментації в ділянці встановлення інтраосальної опори. З первинної когорти також були виключені випадки стоматологічних пацієнтів з суміжними соматичними чи стоматологічними порушеннями, які б потенційно могли компрометувати процес інтеграції дентальних імплантів, а також клінічні випадки пацієнтів-курців. Таким чином первинну когорту дентальних імплантів втрачених у ранній період спостереження вдалось скоротити до 27 одиниць, стан кісткової тканини в області котрих на момент постановки діагнозу ранньої дезінтеграції був підтвердженими даними периапікальної рентгенографії належного рівня якості, для яких також були доступні рентгенограми, виконані через 7-14 днів після імплантації

В якості порівнюваної групи з бази даних рентгенограм були відібрані знімки ділянок дентальної імплантації, виконані лікарями Університетської стоматологічної поліклініки в період 7-14 днів після встановлення інтраосальних опор з метою контролю, у кількості аналогічній до кількості рентгенограм імплантів втрачених у ранній період спостереження (27 одиниць). Критеріями включення вищезгаданих рентгенограм у порівнювану групу були наступні: 1) підтверджене успішне функціонування імплантів протягом більш,

ніж 1-річного період моніторингу; 2) відсутність факту проведення аугментації кісткової тканини у місці встановлення імплантатів; 3) відсутність у пацієнтів коморбідних станів та шкідливих звичок, які б могли спровокувати критичні зміни в структурі періімплантатної кісткової тканини.

Таким чином було сформовану досліджувану групу рентгенограм, яка складалась зі знімків, виконаних на момент постановки діагнозу ранньої дезінтеграції, а також у період 7-14 днів після первинної установки таких, та порівнювану групу, досліджувані об'єкти в котрій характеризувались успішним функціонуванням, та фактом реєстрації стану кісткової тканини у аналогічний період спостереження (7-14 днів після імплантації). Усі рентгенограми були анонімізовані та конвертовані у графічний формат *.png.

Після цього знімки були імпортовані у програмне забезпечення плагіну BoneJ (Image J, National Institutes of Health), в якому визначали показники середньої щільності кісткової тканини на ділянках шириною в 1 мм безпосередньо навколо встановленого дентального імплантату, а також на відстані 3 мм від дентального імплантата і 3 мм від оточуючих зубів (при наявності таких), використовуючи для цього умовні одиниці оптичної щільності (у.о.о.щ.) [12].

Виклад основного матеріалу дослідження. За даними аналізу медичної документації стоматологічних хворих та результатів рентгенологічної діагностики було відмічено, що лише у 51,92% клінічних випадків ранньої втрати дентальних імплантатів такі були підтверджені рентген-знімками ділянки імплантації належного рівня якості.

В ході проведення графічного аналізу рентгенограм було відмічено статистично значущі зміни оптичної щільності кісткової тканини у порівнянні із ділянками кістки, віддаленими від місця імплантації, у період 7-14 днів після хірургічного втручання, як у випадках імплантатів, які в майбутньому були категоризовані як дезінтегровані у ранній період ($p < 0,05$), так і у випадках імплантатів, які в майбутньому характеризувались успішним функціонуванням ($p < 0,05$).

Різниця показників оптичної щільності кісткової тканини в періімплантатній області та ділянках, віддалених від імплантації, зареєстрована через 7-14 днів після встановлення інтраосальних опор, які в майбутньому були дезінтегровані у ранній період, та таких, які характеризувались успішним функціонуванням, не була статистично аргументованою та характеризувалася вираженим рівнем варіації у кожному окремому проаналізованому випадку ($p > 0,05$).

Статистичний аналіз підтвердив, що основним регресором у структурі прогнозу змін кісткової тканини в періімплантатній ділянці через 7-14 днів після встановлення інтраосальної опори є середня оптична щільність кісткової тканини у ділянках, віддалених від місця імплантації, які приймалися в якості референтних під час проведення порівняння.

Графічний аналіз рентгенограм ділянок дентальних імплантатів, отриманих уже на момент постановки діагнозу ранньої дезінтеграції, підтвердив, що в 92,59% випадків такі характеризувались вираженими рентге-

нологічними ознаками, які дозволяли підтвердити факт порушення їх остеointegraції, та були асоційовані із відповідною клінічною симптоматикою.

Зокрема рентгенологічні ознаки включали наявність ділянок рентгенпрозорості навколо дентальних імплантатів з дифузним характером поширення, виражені ознаки зниження вертикального рівня оточуючої кісткової тканини, та зміни оптичної щільності оточуючої кісткової тканини навколо по контуру інтраосальної опори з досягнення показників, які були статистично нижчими за такі, відмічені у ділянках, віддалених від області імплантації (рис. 1).

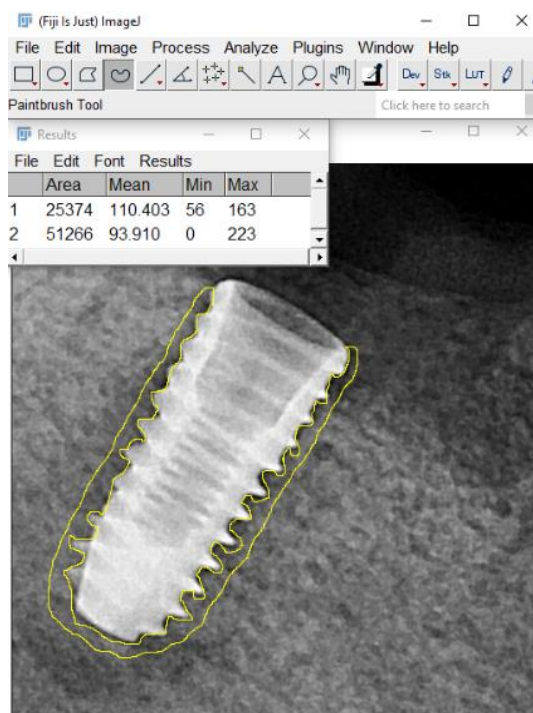


Рис. 1. Аналіз оптичної щільності кісткової тканини в періімплантатній ділянці з використанням плагіну BoneJ (Image J, National Institutes of Health) (приклад імплантату, дезінтегрованого у ранній період)

Сформульовані на основі доступних фактів рекомендації щодо використання різних методів візуалізації після проведення процедури дентальної імплантації передбачають використання саме результатів періапикальної рентгенографії або ж ортопантомографії, як діагностичних підходів першої лінії для оцінки положення імплантата, остеointegraції та контролю рівня оточуючої кісткової тканини [13]. Дані рекомендації були враховані нами при формулюванні дизайну даного дослідження, в якому до уваги приймалися цифрові дво-мірні рентгенограми належного рівня якості, на основі котрих проводився в подальшому проводився аналіз оптичних змін кісткової тканини. Попри те, що метод конусно-променевої комп'ютерної томографії забезпечує умови для візуалізації об'ємних змін кістки в періімплантатній ділянці, однак в той же час артефакти, спровоковані наявністю металевих об'єктів в ротовій порожнині, частково можуть обмежувати показники специфічності та чутливості КПКТ для діагностики

стану кістки на інтерфейсі її контакту з поверхнею імплантата [14, 15]. Крім того застосування КПКТ для періодичного моніторингу стану кісткової тканини є необґрунтованим з точки зору надмірного рентгенологічного навантаження на пацієнта [16].

У систематичному огляді Chrcanovic B. та колег було статистично підтверджено, що дефіцитні параметри кількості та якості кісткової тканини потенційно можуть виступати прогностичними детермінантами ризику втрати дентальних імплантів [5]. Отримані результати корелюють із даними отриманими у нашому дослідженні, оскільки нами було встановлено, що основним регресором у структурі прогнозу змін кісткової тканини в періімплантатній ділянці через 7-14 днів після встановлення інтраосальної опори була вихідна середня оптична щільність кісткової тканини до імплантації, відтак в майбутньому доцільно визначити наскільки показники такої можуть бути категоризовані у якості факторів ризиків розвитку ранньої дезінтеграції різного рівня значущості.

Попереднє дослідження, в якому проводився аналіз 30 втрачених імплантів, продемонструвало, що рентгенологічні ознаки компрометації стану інтраосальних опор включають наявність ділянок рентген-прозорості навколо встановлених опор та дефіциту вертикального рівня кістки, що також було відмічено і у нашому дослідженні [11]. Проте водночас Laine P. та колеги зазначили, що в проєкції імплантів втрачених у ранній період, рентгенологічно також можуть бути виявлені ознаки глибоких вертикальних кишень та дефіцитної якості кісткової тканини, проте останні не були виражені у чисельних показниках [11].

В спеціалізованій літературі відмічаються дані щодо можливостей використання даних периапікальної рентгенографії та ортопантомографії для прогнозу-

вання ризику втрати дентальних імплантів з використанням технології машинного навчання, як у випадках коли дане ускладнення було асоційоване з маргінальною втратою кісткової тканини, так і у випадках, коли надмірна маргінальна втрата кісткової тканини не була підтверджена рентгенологічно. Дослідниками було встановлено, що прогностична точність такого підходу складає 87% [17]. Результати отримані у даному дослідженні в подальшому можуть бути використані для диференціації прогностичної значущості змін кісткової тканини в періімплантатній ділянці щодо ймовірності розвитку саме ранньої втрати дентальних імплантів, крім того перспективним для вивчення залишається саме аспект квантифікації оптичних змін періімплантатної кісткової тканини як регресора у структурі прогностичної моделі ризиків порушення остеointegraції внутрішньокісткових титанових опор.

Висновки. Згідно отриманих даних рентгенологічний контроль стану періімплантатної кісткової тканини у період через 7-14 днів після встановлення дентального імплантата суто з метою ранньої верифікації ознак дезінтеграції при відсутності суміжної клінічної симптоматики є недоцільним, оскільки в цей період зміни в кістковій тканині пов'язані із ремоделюванням такої у відповідь на хірургічну травму, та характеризуються значною варіацією змін показників оптичної щільності, які в значній мірі залежать від вихідного стану кісткової тканини та специфіки проведення маніпуляції. Крім того, зареєстровані рентгенологічні зміни періімплантатної кісткової тканини в період 7-14 днів після встановлення інтраосальних опор за умови відсутності суміжної клінічної симптоматики не можуть бути використані у якості предикторів ймовірності ранньої втрати дентальних імплантів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Success criteria in implant dentistry: a systematic review / P. Papaspyridakos, C.J. Chen, M. Singh et al. *Journal of dental research*. 2012. Vol. 91(3). P. 242-248.
2. Howe M. S., Keys W., Richards D. Long-term (10-year) dental implant survival: A systematic review and sensitivity meta-analysis. *Journal of dentistry*. 2019. Vol. 84. P. 9-21.
3. Risk factors related to late failure of dental implant—A systematic review of recent studies / T.A. Do, H.S. Le, Y.W. Shen et al. *International journal of environmental research and public health*. 2020. Vol. 17(11). P. 3931.
4. Chrcanovic B. R., Albrektsson T., Wennerberg A. Bone Quality and Quantity and Dental Implant Failure: A Systematic Review and Meta-analysis. *International Journal of Prosthodontics*. 2017. Vol. 30(3). P. 219-237.
5. Factors influencing early dental implant failures / B.R. Chrcanovic, J. Kisch, T. Albrektsson et al. *Journal of dental research*. 2016. Vol. 95(9). P. 995-1002.
6. Early implant failure: a retrospective analysis of contributing factors / D.Y. Kang, M. Kim, S.J. Lee et al. *Journal of periodontal & implant science*. 2019. Vol. 49(5). P. 287-298.
7. Potential risk factors for early and late dental implant failure: a retrospective clinical study on 9080 implants / H. Staedt, M. Rossa, K.M. Lehmann et al. *International journal of implant dentistry*. 2020. Vol. 6. P. 1-10.
8. Annual bone loss and success rates of dental implants based on radiographic measurements / W. Geraets, L. Zhang, Y. Liu et al. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2014. Vol. 43(7). P. 20140007.
9. Early marginal bone loss around dental implants to define success in implant dentistry: a retrospective study / P. Galindo-Moreno, A. Catena, M. Pérez-Sayáns, M et al. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. 2022. Vol. 24(5), 630-642.
10. A retrospective study on clinical and radiological outcomes of oral implants in patients followed up for a minimum of 20 years / B.R. Chrcanovic, J. Kisch, T. Albrektsson et al. *Clinical implant dentistry and related research*. 2018. Vol. 20(2). P. 199-207.
11. Failed dental implants—clinical, radiological and bacteriological findings in 17 patients / P. Laine, A. Salo, R. Kontio et al. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. 2005. Vol. 33(3). P. 212-217.
12. Lubis R. T., Azhari A., Pramanik F. Analysis of Bone Density and Bone Morphometry by Periapical Radiographs in Dental Implant Osseointegration Process. *International Journal of Dentistry*. 2023. Vol. 2023. P. 4763961.

13. Developing evidence-based clinical imaging guidelines of justification for radiographic examination after dental implant installation / M.J. Kim, S.S. Lee, M. Choi et al. *BMC Medical Imaging*. 2020. Vol. 20(1). P. 1-9.
14. Myroslav G. K., Andrii K. Evaluation of Peri-Implant Bone Reduction Levels from Superimposition Perspective: Pilot Study among Ukrainian Implantology Practice. *Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clinica Integrada*. 2018. Vol. 18(1). P. e3856.
15. Variations of CBCT Hounsfield Units at Different Distances from Single-Placed Dental Implant Due to the Metal-Induced Artifact Effect / M. Goncharuk-Khomyn, Y. Lokota, P. Brekhlichuk et al. *Journal of International Dental & Medical Research*. 2023. Vol. 16(2). P. 487-494.
16. Cone beam computed tomography in implant dentistry: a systematic review focusing on guidelines, indications, and radiation dose risks / M.M Bornstein, W.C. Scarfe, V.M. Vaughn et al. *International journal of oral & maxillofacial implants*. 2014. Vol. 29. P. 55-77.
17. Deep learning based dental implant failure prediction from periapical and panoramic films / C. Zhang, L. Fan, S. Zhang et al. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*. 2023. Vol. 13(2). P. 935.

REFERENCES

1. Papaspyridakos, P., Chen, C. J., Singh, M., Weber, H. P., & Gallucci, G. O. (2012). Success criteria in implant dentistry: a systematic review. *Journal of dental research*, 91(3), 242-248.
2. Howe, M. S., Keys, W., & Richards, D. (2019). Long-term (10-year) dental implant survival: A systematic review and sensitivity meta-analysis. *Journal of dentistry*, 84, 9-21.
3. Do, T. A., Le, H. S., Shen, Y. W., Huang, H. L., & Fuh, L. J. (2020). Risk factors related to late failure of dental implant—A systematic review of recent studies. *International journal of environmental research and public health*, 17(11), 3931.
4. Chrcanovic, B. R., Albrektsson, T., & Wennerberg, A. (2017). Bone Quality and Quantity and Dental Implant Failure: A Systematic Review and Meta-analysis. *International Journal of Prosthodontics*, 30(3).
5. Chrcanovic, B. R., Kisch, J., Albrektsson, T., & Wennerberg, A. (2016). Factors influencing early dental implant failures. *Journal of dental research*, 95(9), 995-1002.
6. Kang, D. Y., Kim, M., Lee, S. J., Cho, I. W., Shin, H. S., Caballé-Serrano, J., & Park, J. C. (2019). Early implant failure: a retrospective analysis of contributing factors. *Journal of periodontal & implant science*, 49(5), 287-298.
7. Staedt, H., Rossa, M., Lehmann, K. M., Al-Nawas, B., Kämmerer, P. W., & Heimes, D. (2020). Potential risk factors for early and late dental implant failure: a retrospective clinical study on 9080 implants. *International journal of implant dentistry*, 6, 1-10.
8. Geraets, W., Zhang, L., Liu, Y., & Wismeijer, D. (2014). Annual bone loss and success rates of dental implants based on radiographic measurements. *Dentomaxillofacial Radiology*, 43(7), 20140007.
9. Galindo-Moreno, P., Catena, A., Pérez-Sayáns, M., Fernández-Barbero, J. E., O'Valle, F., & Padial-Molina, M. (2022). Early marginal bone loss around dental implants to define success in implant dentistry: a retrospective study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 24(5), 630-642.
10. Chrcanovic, B. R., Kisch, J., Albrektsson, T., & Wennerberg, A. (2018). A retrospective study on clinical and radiological outcomes of oral implants in patients followed up for a minimum of 20 years. *Clinical implant dentistry and related research*, 20(2), 199-207.
11. Laine, P., Salo, A., Kontio, R., Ylijoki, S., Lindqvist, C., & Suuronen, R. (2005). Failed dental implants—clinical, radiological and bacteriological findings in 17 patients. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 33(3), 212-217.
12. Lubis, R. T., Azhari, A., & Pramanik, F. (2023). Analysis of Bone Density and Bone Morphometry by Periapical Radiographs in Dental Implant Osseointegration Process. *International Journal of Dentistry*, 2023.
13. Kim, M. J., Lee, S. S., Choi, M., Yong, H. S., Lee, C., Kim, J. E., & Heo, M. S. (2020). Developing evidence-based clinical imaging guidelines of justification for radiographic examination after dental implant installation. *BMC Medical Imaging*, 20(1), 1-9.
14. Myroslav, G. K., & Andrii, K. (2018). Evaluation of Peri-Implant Bone Reduction Levels from Superimposition Perspective: Pilot Study among Ukrainian Implantology Practice. *Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clinica Integrada*, 18(1), e3856.
15. Goncharuk-Khomyn, M., Lokota, Y., Brekhlichuk, P., Heranin, S., Lokota, Y., Sapovych, B., & Layosh, N. (2023). Variations of CBCT Hounsfield Units at Different Distances from Single-Placed Dental Implant Due to the Metal-Induced Artifact Effect. *Journal of International Dental & Medical Research*, 16(2).
16. Bornstein, M. M., Scarfe, W. C., Vaughn, V. M., & Jacobs, R. (2014). Cone beam computed tomography in implant dentistry: a systematic review focusing on guidelines, indications, and radiation dose risks. *International journal of oral & maxillofacial implants*, 29.
17. Zhang, C., Fan, L., Zhang, S., Zhao, J., & Gu, Y. (2023). Deep learning based dental implant failure prediction from periapical and panoramic films. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, 13(2), 935.