

## ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF THE DEVELOPED TECHNIQUE FOR THE SIMULTANEOUS FORMATION OF A COMBINED FIBRIN- OSSEOUS SCAFFOLD USING THE SINUS LIFT TECHNIQUE

Ivano-Frankivsk National Medical University (Ivano-Frankivsk, Ukraine)

cheliyanton@gmail.com

*The article discusses the main approaches and directions for improving the efficiency of bone augmentation during the sinus lift technique. The study aimed to enhance the efficiency of the sinus lift technique using allo-autologous material obtained by simultaneously centrifuging bone grafting material granules, autologous bone grafting material, and the patient's venous blood. 60 patients aged 20 to 40 years with atrophy of the alveolar process of the upper jaw were selected for clinical trials. All patients were divided into groups I and II, who underwent sinus lift surgery and bone grafting. In group I, a scaffold was used, which was prepared according to the protocol developed by us. Our results of postoperative clinical and radiological studies confirm the effectiveness of the technique developed by us. This effectiveness was confirmed by positive results of sinus lift technique in 28 (93.3%) patients of group I and 15 (62.5%) patients of group II. This was evidenced by a pronounced trabecular pattern of bone tissue, with a density of  $639.34 \pm 15.14$  HU, and a structurally integral formed augmentation, resulting in a significant increase in height from 8 to 12 mm. On the contrary, in group II, the majority of patients had a compact, formed type of structure in the newly formed bone tissue, with a density of  $772.28 \pm 17.36$  HU, in combination with a structurally unformed granular pattern, characterised by a parietal distribution of the material. Based on our studies, we have determined that the stable combined fibrin scaffold we have developed exhibits a pronounced osteoconductive and osteoinductive effect, which is reflected in the complete restoration of bone tissue over the entire area of augmentation.*

**Key words:** bone tissue, bone regeneration, sinus-lift, bone-plastic material, bone grafting.

### Connection of the publication with planned research works.

The work is a fragment of the complex research work «Clinical and experimental substantiation of modern methods of diagnosis, prevention and treatment of dental diseases», state registration number 0124U003547.

### Introduction.

One of the most relevant aspects of modern dentistry is the increase in bone volume in case of atrophy of the alveolar process of the upper jaw. To date, the sinus lift technique is one of the most common manipulations for increasing the height of the alveolar process of the upper jaw [1, 2, 3, 4].

This technique utilises implant materials based on tricalcium phosphate and hydroxyapatite to provide additional structural support during bone restoration [5, 6, 7]. However, when using the above-mentioned bone-plastic materials, the problem of restoring the whole structure of bone tissue arises. This is due to issues such as the untimely degradation of the material granules, leading to the subsequent development of bone hyperostosis or the formation of connective tissue around the implanted granules. Some studies focus on matrices based on biocompatible biodegradable materials [8, 9, 10].

Despite the use of synthetic bone grafting materials, there is still interest in autologous materials, which are the 'gold standard' of regenerative medicine. Tissue restoration with these materials allows for circumventing such limitations as histocompatibility, and to a certain extent, provides an impact on wound healing processes. Among these autologous materials, the most common in dentistry is PRF (Platelet Rich Fibrin). This material, which is extracted from the patient's own blood, has several significant advantages, including enhanced protein release, expression of growth factors, and stimulation of

fibroblast proliferation [11, 12, 13, 14, 15]. According to the literature, these materials have been utilised in various applications, such as filling post-extraction defects [16] and in other surgical interventions [17, 18, 19]. The use of this autologous material is usually carried out in gel or injectable forms [20, 21].

In their laboratory studies, the authors Crisci A, Barillaro MC found that L-PRF (rich in fibrin in platelets and leukocytes) and its derivatives (A-PRF, i-PRF) can be used as a basis for stem cells in wound regeneration [22, 23]. The combination of bone-plastic material and PRF technology is interesting, as it can create optimal conditions for bone regeneration. For example, the results of studies by Kim BJ, Kwon TK and others analysed the tricalcium phosphate-rich platelet-rich fibrin (PRF) matrix with the addition of recombinant morphogenetic protein (rhBMP-2) and its potential to enhance bone regeneration in sinus lift surgery [1]. However, current techniques indicate that the combination of bone grafting material is mostly performed with injectable forms of PRF. This approach is based on a liquid consistency enriched with plasma, which can be used to mix the material granules thoroughly.

However, the disadvantage of this technique is the lack of mechanical stability of such a hybrid, combined scaffold. Analysis of other techniques, on the contrary, indicates the formation of a mechanically stable fibrin gel-like framework during centrifugation. In particular, De Almeida Nóbrega Correia Pascoal, M analyzed the tensile strength of such fibrin matrices [24, 25]. However, despite the good mechanical properties, it is not possible to integrate granules of bone-plastic material into such a gel-like PRF.

In our opinion, combining a bone-plastic matrix with a mechanically stable fibrin PRF on the one hand will ensure the stability of such a scaffold in the sinus lift tech-

nique, and on the other hand, thanks to growth factors, will stimulate bone tissue regeneration.

#### **The aim of the study.**

Increasing the effectiveness of the sinus lift technique with allo-autologous material obtained by simultaneous centrifugation of bone graft material granules and autologous bone graft material and the patient's venous blood.

#### **Object and methods of the study.**

In order to precipitate bone tissue in the centrifuged upper fraction of the patient's blood plasma, which is valuable to us, a filter made of lightweight biocompatible titanium alloy Ti-6Al-4V was used (Patent No. 152966. A61L 33/00. Publ. 03.05.2023, Bulletin No. 18).

For clinical studies, 60 patients aged 20 to 40 years with alveolar process atrophy of the jaws were selected. The patients we examined were generally healthy, without concomitant somatic pathology, and without pathological conditions of the vestibule of the oral cavity, smoking, or poor oral hygiene, which are factors that could directly or indirectly affect the study results. During this study, the requirements of Good Clinical Practice (ICH E2(R6) GCP) and the Declaration of Helsinki of the World Health Organization were observed. Before the start of any procedures, all patients provided informed voluntary consent to participate.

To determine the effectiveness of the technique we developed, all patients were divided into two groups. Group I included (n=30) patients who underwent sinus lift technique using a known surgical approach, but according to our developed protocol for preparing a fibrin-bone scaffold (patent No. 156181. A61K 35/14, A61L 33/00. Publ. 22.05.2024, Bulletin No. 21) using a titanium filter. Group II included (n=30) patients who underwent sinus lift technique in combination with bone grafting using a standard technique using only bone grafting material in the form of mineralized granulate CenoBone® (manufactured by Cenobiologics Ltd) and an insulating collagen membrane CenoMembrane®.

The technique we developed included preliminary venous blood collection from the patient into a test tube with MM Medic plasma activator. Next, a titanium filter

was placed in the middle of the test tube, after which granules of mineralized bone-plastic material CenoBone® produced by Ceno Biologics were poured into the test tube. The test tube was tightly closed and placed in a CROSS-D PREMIUM centrifuge and centrifuged according to the following regime: 12 minutes at a speed of 2500 rpm, 3 minutes at a speed of 3000 rpm. The specified centrifugation regime, combined with the use of a titanium filter, ensured the condensation of the material on the titanium filter in the centrifuged upper fraction of the plasma, with the accumulation of erythrocyte mass in the lower third of the test tube. Thus, a stable fibrin scaffold with condensed bone-plastic material was formed in the upper half of the test tube. The finished scaffold was removed from the test tube and inserted into the bone grafting area, covering it with an insulating collagen membrane CenoMembrane® manufactured by Ceno Biologics (fig. 1).

In all patients of groups I and II, during the sinus lift technique, a classic surgical approach was performed through an angled incision. Using a hemispherical special cutter, a window was formed in the area of the second premolar and first molar with subsequent separation of the maxillary mucosa and bone augmentation. The muco-osseous flap was placed in place and fixed with sutures.

Electron microscopic, clinical and radiological indicators evaluated the effectiveness of the technique developed by us.

To analyze the structure of the bone-fibrin scaffold obtained by us, scanning electron microscopy of the preparations obtained by us was performed on JEOL – 25 TA-220 equipment (Tokyo, Japan). The specimens for the study were prepared by freeze-drying by critical point transition, cut at different angles and mounted on preparation tables using electrically conductive glue, after which they were sputtered with a layer (20 nm) of chemically pure aluminum (sample <sup>999</sup>) in a VUP-5M apparatus (SELMI, Sumy, Ukraine) for scanning electron microscopy (SEM) with an accelerating voltage of 15-25 kV in the absorbed and secondary scattered electron mode.

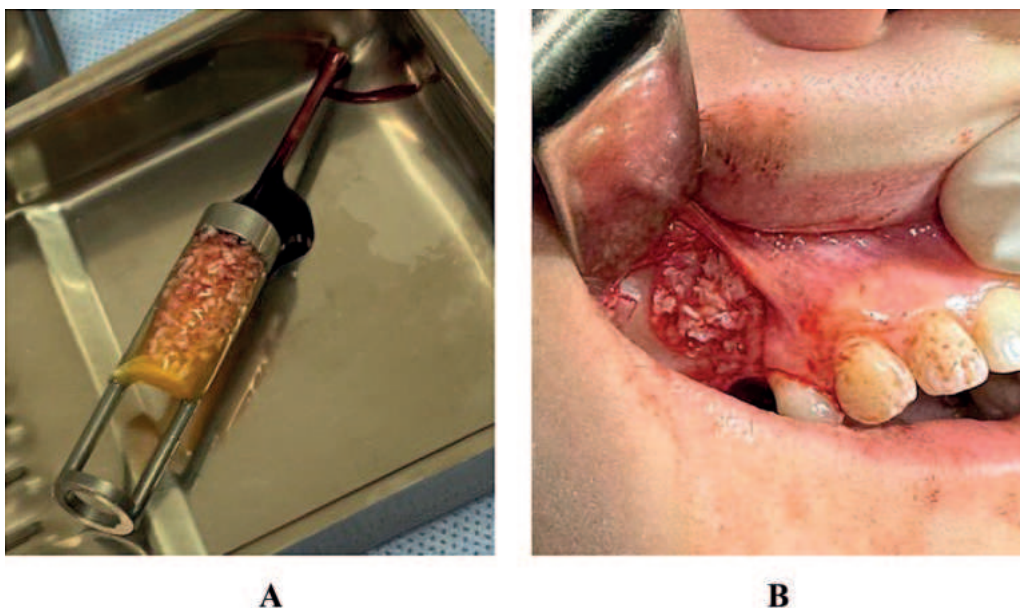


Figure 1 – Sinus lift technique according to the developed method: A – titanium filter with a ready-made fibrin-bone scaffold, B – introduction of material into the bone graft area.



In patients of both groups I and II, clinical results in the postoperative period were evaluated by such signs as the presence or absence of pain, edema, the state and degree of divergence of the wound edges, and the release of exudate from the incision line. Computed tomography was performed before surgery and 6 and 12 months after the operation with subsequent analysis of the structure and density of bone tissue according to Hounsfield GN (1919) (HU) in the SimPlant Pro 11.04 software. To compare bone tissue density indicators, we utilised both intact areas of the jaws and archival computed tomography data from 30 patients in the control group without bone tissue pathology in the maxillofacial region. In order to perform a comparative analysis of the structure and density of the bone tissue of the intact bone, the area of alveolar atrophy associated with tooth loss, and the newly formed bone tissue after surgery, a sectoral analysis of the indicated indicators was performed on the upper jaw, namely, the area of the incisors and canines, the area of the premolars, the area of the molars, and the hump of the upper jaw. The parameters of the newly formed bone tissue were determined by the linear dimensions of width, height, and depth in three mutually perpendicular directions.

Statistical analysis of numerical data was performed using Microsoft Excel 2019 software (Microsoft Office 2019 (Microsoft)). All quantitative data obtained in the study corresponded to the normal distribution type according to the Shapiro-Wilk's W test, therefore, the interval ( $M \pm m$ ) was used to represent their central tendency: arithmetic mean (Mean)  $\pm$  standard error. To assess the significance of the differences in the results obtained compared to the control group, the parametric t-test (Student's t-test) was used. The significance of the difference in qualitative data between the comparison groups was determined by the results of calculating the chi-square test with Yates' correction for continuity. The value  $p < 0.05$  was considered significant.

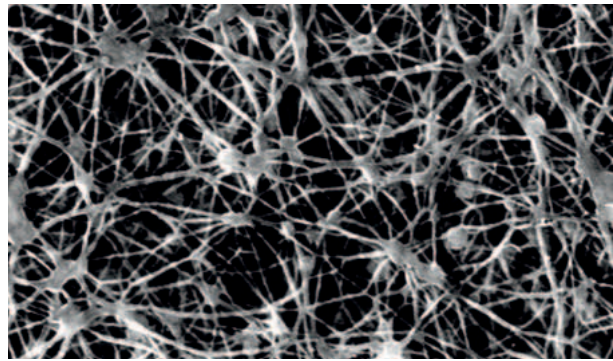


Figure 2 – General view of the preparation with platelet mass.  
Method: SEM; accelerating voltage: 15 kV.  
Original magnification: x 5200. Scale bar = 2  $\mu$ m.

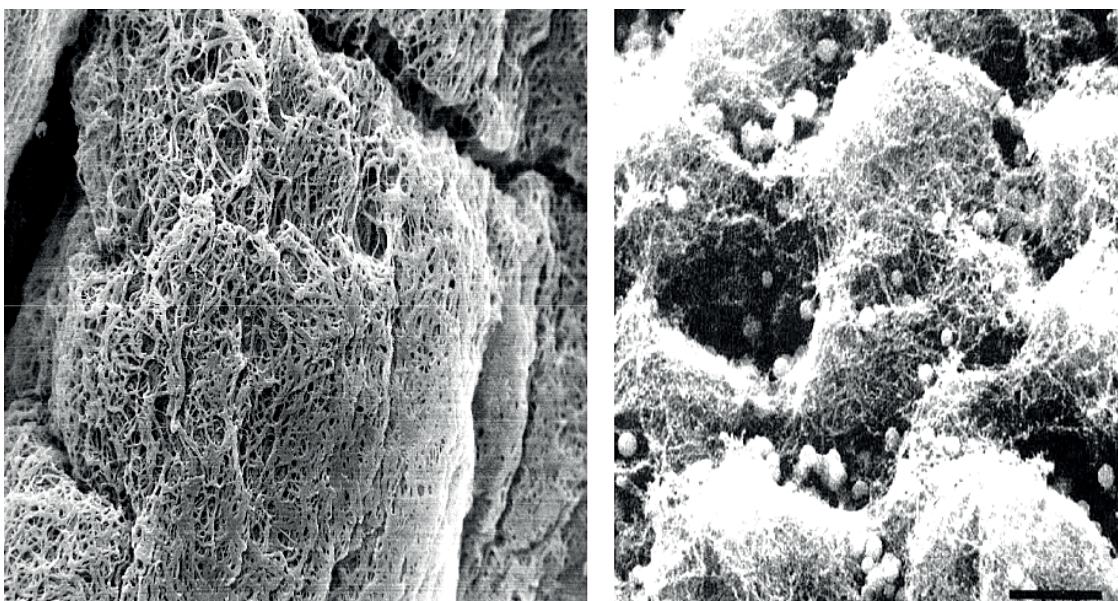
### Research results and their discussion.

The preparations we studied showed organized fibrin threads that form rapidly and, together with platelet pseudopodia, appear as a densely interwoven mesh (fig. 2), which can serve as a reliable framework for consolidation with both osteoblasts migrating into the framework and a mesh that glues the allogeneic material. This in turn creates all the conditions for contact osteogenesis, when hemocapillaries grow into such a microfibrinous matrix and mineralization of ossein fibers occurs, which massively penetrate the allograft (fig. 3).

Such a matrix can become the basis for the formation of closed general plates around the allograft in the process of neoosteogenesis after transplantation of a fibrin-bone scaffold into the surgical field.

These results are consistent with a number of well-known facts indicating the presence of osteons and general plates in bone tissue, which consist of ordered layers of ossein fibers, in each of which the direction of the fibers is mutually parallel and always perpendicular to the next and previous layer.

Some authors have established that the nature of the allograft surface plays a major role in the basis of such remodelling, which we visualized using the SEM method. Data from the scientific literature indicate that



A

B

Figure 3 – Allobone fragments with platelet mass: A – with a dense network of fibrin fibers formed, B – platelets embedded in the network.  
Method: SEM; accelerating voltage: 25 kV. Original magnification: A: x1000; B: x1500. Scale bar: A, B = 10  $\mu$ m.

such surfaces are the most suitable for the development of contact and distant osteogenesis processes [26].

Comparative sectoral analysis of the structure and density of the bone tissue of the upper jaw of patients before the treatment showed significant differences between them (table 1).

As can be seen from table 1, the highest bone density was observed in the frontal area in the area of the incisors and canines. A fine trabecular pattern with a thin cortical layer of bone characterized the structure of the bone tissue of the indicated area. The indicated bone pattern was also observed in the area of the premolars of the upper jaw, where the bone density was 568.83±18.12 HU with a slight, but significant difference from the previous anatomical zone. A somewhat lower density index of 479.38±28.96 HU was observed in the molar zone, where the trabecular pattern was somewhat more porous, but with a more pronounced cortical layer of bone tissue. The area of the maxillary tuberosity, where bone density was significantly lowest, had the greatest porosity (fig. 4).

As shown in table 2, in patients with tooth loss, no significant changes in bone density were observed compared to the control group, except in the molar area. In the indicated area, the bone density significantly differed from the intact bone tissue. This fact, in our opinion, is due to more pronounced changes in the structure of the bone tissue of this anatomical area in comparison with other areas. This is confirmed by the more porous structure of the bone tissue of the indicated area.

Analysis of the clinical data from groups I and II revealed some differences between the two groups. Thus, on the 3rd day of examination, all patients of groups I and II had an increase in collateral edema. However, out of all 30 patients of group II, 8 (26.6%) had minor discharge from the postoperative wound along the incision line. In contrast, in group I, only 3 (10%) patients experienced minor serous discharge from the surgical wound, specifically from the incision line, within the period above. Further dynamics indicated that on the 6th-7th day after the sinus lift technique and bone grafting, only 6 (20%) patients of group II still had minor discharge from the surgical wound. In the first group, these changes were observed only in 2 (6.6%) patients. However, it should also be noted that patients in group II who had inflammatory changes also had symptoms such as nasal congestion and discharge, a feeling of heaviness, and pain in the infraorbital area on the side of the operation, which indicated inflammatory changes in the maxillary sinus.

Repeated examination 12-14 days after surgery showed that 24 (80%) patients in group II and 28 (93.3%) in group I did not have such further changes at the indicated time points. Therefore, analyzing the clinical course in the postoperative period, it should be noted that the indicated inflammatory changes could be associated with a vio-

**Table 1 – Comparative segmental analysis of bone density in Hounsfield units in patients before the loss of upper molars**

| Sector No. | Areas of the upper jaw          | Control group | Reliability across sectors |
|------------|---------------------------------|---------------|----------------------------|
| 1          | Incisors and canines in the u/j | 643,10±13,18  | (1-2) p<0,002              |
| 2          | Premolars in the u/j            | 568,83±18,12  | (1-3) p<0,001              |
| 3          | Upper molars                    | 479,38±28,96  | (2-3) p<0,01               |
| 4          | Tuber of the u/j                | 276,79±22,23  | (3-4) p<0,001              |

Note: u/j – upper jaw.

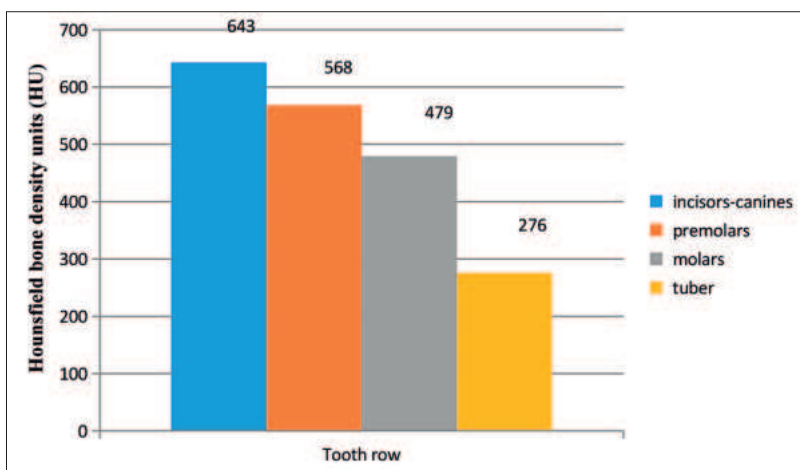
lation of the integrity of the maxillary sinus mucosa and its subsequent infection.

During the radiological analysis of the bone tissue structure, practically all patients in group I, both at the 6th and 12th months after the sinus lift technique, exhibited a pronounced trabecular pattern of bone tissue with a structurally integral augmentation. Analysis of the height and width of the augmentation showed the stability of the framework we created and a significant increase from 8 to 12 mm. A gap indicating a connective tissue capsule in the contact zone of the augmentation and the bone bed was not observed in all 28 patients of group I. On the other hand, in 15 (62.5%) patients of group II, a compact-formed type of structure of newly formed bone tissue prevailed. Augmentation parameters in group II also showed an increase in bone tissue from 8 to 11 mm; however, in some patients 4 (16.6%), there was no dense contact between the augmentation

**Table 2 – Comparative segmental analysis of bone density in Hounsfield units in patients after tooth loss**

| Areas of the upper jaw          | Group with adentia | Control group | Intergroup reliability |
|---------------------------------|--------------------|---------------|------------------------|
| Incisors and canines in the u/j | 627,97±15,62       | 643,10±13,18  | p>0,05                 |
| Premolars in the u/j            | 554,17±14,48       | 568,83±18,12  | p>0,05                 |
| Upper molars                    | 303,52±19,96       | 479,38±28,96  | p<0,001                |
| Tuber of the u/j                | 271,97±20,03       | 276,79±22,23  | p>0,05                 |

and bone. In 9 (37.5%) patients of group II, a structurally unformed granular pattern with the parietal distribution of the material was noted. When analyzing the degree of recovery of the cortical layer of bone tissue in the area of surgical access formation, it should be noted that in group I, 22 (78.5%) patients had complete recovery, and in the remaining 6 (21.4%) partial regeneration was noted. In group II, the indicated positive dynamics was noted only in 14 (58.33%) patients, in the remaining



**Figure 4 – Analysis of bone density data of the upper jaw in the control group.**



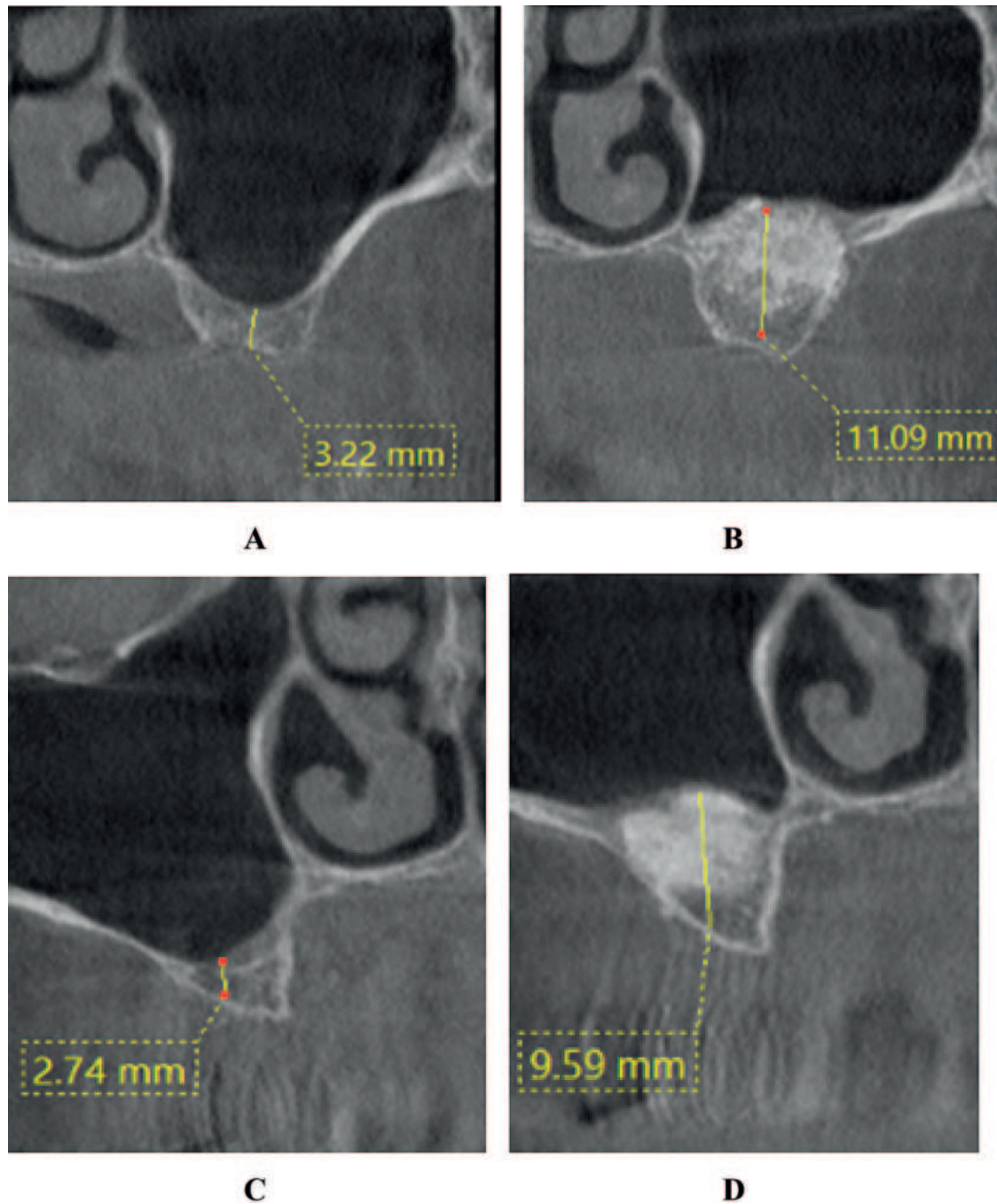


Figure 5 – Transverse reconstruction (cone-beam computed tomography): A – Group I (preoperative condition); B – Group I (6 months after surgical intervention); C – Group II (preoperative condition); D – Group II (6 months after surgical intervention).

10 (41.6%) the cortical plate practically did not recover (fig. 5).

Analysis of the dynamics of bone density indicators in the postoperative period revealed some differences between groups I and II of patients at both the 6th and 12th months of observation (table 3).

Thus, at the 6th month after the surgical intervention in groups I and II of patients compared to the control group, the indicated density indicators were significantly higher  $p < 0.001$  by 51.42% in group I and 69.01% in group II, which in our opinion is due to the presence of mineralized bone-plastic material. However, in group I the bone density indicators were lower by 10.4% compared to group II. The indicated difference between both groups at the 6th month after the operation, in our opinion, is

caused by the porous bone pattern in group I, in contrast to the pronounced hyperostosis and compaction of bone tissue in group II, which was present in 15 (62.5%) patients. This fact, in our opinion, is associated, on the one hand, with the already fully structurally formed bone tissue in group I, according to the architectonics of the material condensed by us during centrifugation, and on the other hand, with the partial resorption of the material granules. Additionally, this result may be attribut-

Table 3 – Comparative segmental analysis of bone density in Hounsfield units in patients after surgery

| Terms     | I group       | II group      | Control      | P (I-II)    |
|-----------|---------------|---------------|--------------|-------------|
| 6 months  | 725,90±17,68* | 810,21±21,18* | 479,38±28,96 | $p < 0,01$  |
| 12 months | 639,34±15,14* | 772,28±17,36* | 479,38±28,96 | $p < 0,001$ |

Note: \* – reliability when comparing groups I and II with the control.

ed to the peculiarities of the three-dimensional organization of fibrin fibres in combination with the granules of bone-plastic material, which condensed during centrifugation due to the design of the filter, the centrifugation mode itself, and the inductive properties of the scaffold.

It is the osteoinductive properties of the scaffold we created that ensure uniform vascular germination throughout the entire volume of the augmentation, creating conditions for accelerated remodelling and osteogenesis. This is also evidenced by the dynamics at the 12th month after surgery, where in group I the bone density significantly decreased by 11.92% ( $p < 0.001$ ). On the other hand, in group II, where only osteoplastic material was used, at the 12th month after surgery there was only a slight decrease of 4.68% in densitometric indicators, which was not reliably confirmed. The absence of significant changes in bone density in group II could be due, on the one hand, to the most compact architecture of bone tissue, and on the other hand, to the presence of not yet resorbed granules of material, which could potentially be observed in 9 (37.5%) patients, in whom a pronounced granular bone pattern was noted. In our opinion, the latter fact could be caused, on the one hand, by the germination of the capillary network into the thickness of the augmentation at a later date

and the formation of a kind of «dead zone» with faster germination of connective tissue, poor in capillaries, and subsequent encapsulation of not resorbed granules of material, and on the other hand, by a small amount of newly formed bone tissue, poor in capillaries, which can also affect the rate of bone tissue transformation. The obtained results of bone tissue restoration were somewhat different from the results of other scientists who dealt with this issue [5, 6, 7].

#### Conclusions.

1. The stable combined fibrin scaffold obtained by us has a pronounced osteoconductive and osteoinductive effect, which is reflected in the full restoration of bone tissue over the entire area of augmentation.

2. The clinical and radiological studies we conducted showed the effectiveness of the technique we developed, which indicated positive results of the sinus lift technique in 28 (93.3%) patients in group I and in 15 (62.5%) patients in group II.

#### Prospects for further research.

Our studies provide a basis for further study of the properties of the fibrin-bone scaffold obtained using our method. This perspective may be based on further modification of the scaffold itself with additional osteoinductive components to accelerate bone regeneration.

DOI 10.29254/2077-4214-2025-2-177-564-576

УДК 616-071+616,314-007+616.716

Челій А. О.

### АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНОЇ МЕТОДИКИ ОДНОЧАСНОГО ФОРМУВАННЯ КОМБІНОВАНОГО ФІБРИНО-КІСТКОВОГО СКАФОЛДУ ПРИ СИНУС-ЛІФТ ТЕХНІЦІ

Івано-Франківський національний медичний університет (м. Івано-Франківськ, Україна)

cheliyanton@gmail.com

*В статті розглядаються основні підходи та напрямки до покращення ефективності кісткової аугментації при виконанні синус-ліфт техніки. Метою дослідження було підвищення ефективності синус-ліфт техніки ало-аутологічним матеріалом, отриманим шляхом одномоментного центрифугування гранул кістково-пластичного матеріалу та аутологічного кістково-пластичного матеріалу і венозної крові пацієнта. Для клінічних досліджень були відібрані 60 хворих віком від 20 до 40 років з атрофією альвеолярного відростка верхньої щелепи. Усі пацієнти були розділені на I та II групи, яким проводили операцію синус-ліфт техніку та кісткову пластику. В I групі використовували скафолд, який готували за розробленим нами протоколом. Наведені нами результати післяопераційних клінічних та рентгенологічних досліджень підтверджують ефективність розробленої нами методики. Дана ефективність підтверджувалась позитивними результатами синус-ліфт техніки у 28 (93,3 %) I групі пацієнтів та у 15 (62,5 %) пацієнтів II групи. Про це свідчив виражений трабекулярний малюнок кісткової тканини щільністю 639,34+15,14 HU із сформованим структурно-цілісним аугментатом, що дав значний приріст висоти від 8 до 12 мм. Натомість, у II групі в більшості пацієнтів переважав компактний сформований тип будови новоутвореної кісткової тканини щільністю 772,28+17,36 HU у поєднанні з структурно не сформованим гранулярним малюнком із пристінковим розподіленням матеріалу. На основі проведених досліджень нами визначено, що отриманий нами стабільний комбінований фібриновий скафолд володіє вираженим остеокондуктивним та остеоіндуктивним ефектом, що відображається у повноцінному відновленні кісткової тканини на всій площі аугментації.*

**Ключові слова:** кісткова тканина, регенерація кісткової тканини, синус-ліфт, кістково-пластичний матеріал, кісткова пластика.

#### Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.

Робота є фрагментом комплексної науково-дослідної роботи «Клініко-експериментальне обґрунтування сучасних методів діагностики, профілактики та лікування стоматологічних захворювань» номер державної реєстрації: 0124U003547.

#### Вступ.

Одним з актуальних аспектів сучасної стоматології є збільшення об'єму кісткової тканини при атрофії альвеолярного відростка верхньої щелепи. На сьогоднішній день синус-ліфт техніка займає одне із найпоширеніших маніпуляцій для збільшення висоти альвеолярного відростка верхньої щелепи [1, 2, 3, 4].

Вказана техніка потребує застосування імплантацийних матеріалів на основі трикальцій-фосфату та гідроксиапатиту для додаткової структурної підтримки при відновленні кісткової тканини [5, 6, 7]. Проте, при застосуванні вище вказаних кістково-пластичних матеріалів, виникає проблема відновлення повноцінної структури кісткової тканини. Це пов'язано із такими моментами, як несвоєчасна деградація гранул матеріалу із наступним розвитком гіперостозу кісткової тканини або формування сполучної тканини навколо імплантованих гранул. Деякі дослідження роблять акцент на матриці на основі біосумісних біодеградуємих матеріалів [8, 9, 10].

Попри застосування синтетичних кістково-пластичних матеріалів на сьогодні також зберігається інтерес до аутологічних матеріалів, що є «золотим стандартом» регенеративної медицини. Відновлення тканин вказаними матеріалами дозволяє обійти такі обмеження, як гістосумісність, та в тій чи іншій мірі забезпечує вплив на процеси загоєння ран. Серед вказаних аутологічних матеріалів найбільш поширеним в стоматології є PRF (Platelet Rich Fibrin). Вказаний матеріал, який добувається із власної крові пацієнта, має ряд суттєвих переваг, до яких відноситься посилене вивільнення білків, експресія факторів росту, стимуляція проліферації фібробластів та ін. [11, 12, 13, 14, 15]. Як показали літературні дані, застосування вказаних матеріалів проводилось при різних маніпуляціях, як приклад, при заповненні постекстракційних дефектів [16] та при інших хірургічних втручаннях [17, 18, 19]. Застосування даного аутологічного матеріалу, як правило, проводиться у гелеподібній або ін'єкційній формах [20, 21].

У своїх лабораторних дослідженнях автори Crisci A, Barillaro MC встановили, що L-PRF (багата фібрином у тромбоцитах і лейкоцитах) та її похідні (A-PRF, i-PRF) можна використовувати як основу стовбурових клітин при регенерації ран [22, 23]. Цікавим є поєднання кістково-пластичного матеріалу та PRF технології, що може створювати оптимальні умови для регенерації кісткової тканини. Так, результати досліджень Kim BJ, Kwon TK та інших аналізували змішаний з трикальцій фосфатом матрикс, багатий тромбоцитами та фібрином (PRF), із додаванням рекомбінантного морфогенетичного білка (rhBMP-2) та його потенціал для посилення регенерації кісткової тканини при синусліфті [1]. Проте, існуючі на сьогоднішній день методики свідчать, що поєднання кістково-пластичного матеріалу здійснюється в переважній більшості з ін'єкційними формами PRF. Вказаний підхід виходить із рідкої консистенції, збагаченої плазми, на якій можливо повноцінно замінити гранули матеріалу.

Проте, недоліком такої методики є відсутність механічної стабільності такого гібридного, комбінованого скафолду. Аналіз інших методик, навпаки, вказує на утворення механічно стабільного фібринового гелеподібного каркасу під час центрифугування. Зокрема, De Almeida Nóbrega Correia Pascoal, M проаналізували міцність на розрив таких фібринових матриксів [24, 25]. Проте, незважаючи на хороші механічні властивості, інтегрувати гранули кістково-пластичного матеріалу у такий вид гелеподібного PRF не можливо.

На нашу думку, поєднавши кістково-пластичний матрикс із механічно стабільним фібриновим PRF

з однієї сторони забезпечить стабільність такого скафолду при синус-ліфт техніці, а з іншої сторони, завдяки факторам росту, призведе до стимуляції регенерації кісткової тканини.

#### Мета дослідження.

Підвищення ефективності синус-ліфт техніки ало-аутологічним матеріалом, отриманим шляхом одномоментного центрифугування гранул кістково-пластичного матеріалу та аутологічного кістково-пластичного матеріалу і венозної крові пацієнта.

#### Об'єкти і методи дослідження.

Із метою осадження кісткової тканини у цінній для нас відцентрифугованій верхній фракції плазми крові пацієнта було використано фільтр, виготовлений із легкого біосумісного титанового сплаву Ti-6Al-4V (Патент № 152966. A61L 33/00. Опубл. 03.05.2023, бюл. № 18).

Для клінічних досліджень були відібрані 60 пацієнтів віком від 20 до 40 років з атрофіями альвеолярного паростка щелеп. Обстежені нами хворі були практично здорові без супутньої соматичної патології, без наявності ортопедичних конструкцій в ділянках проведення хірургічної корекції, патологічного стану присінка ротової порожнини, зловживання тютюнопалінням, незадовільною гігієною ротової порожнини, тобто факторів, які прямо чи опосередковано могли б вплинути на результати проведених досліджень. Під час проведення даного дослідження було дотримано вимог Good Clinical Practice (ICH E2(R6) GCP) та Гельсінської Декларації Всесвітньої медичної організації. До початку будь-яких процедур усі пацієнти надали інформовану добровільну згоду на участь.

Для визначення ефективності розробленої нами методики усіх пацієнтів розділяли на дві групи. В I групу входили (n=30) пацієнтів, яким проводили синус-ліфт техніку відомим оперативним доступом, проте за розробленим нами протоколом підготовки фібрино-кісткового скафолду (патент № 156181. A61K 35/14, A61L 33/00. Опубл. 22.05.2024, бюл. № 21) із використанням титанового фільтра. В II групу входили (n=30) пацієнтів, яким проводили синус-ліфт техніку у поєднанні з кістковою пластикою за стандартною методикою із використанням тільки кістково-пластичного матеріалу у формі мінералізованого грануляту CenoBone® (виробництво Cenobiologics Ltd) та ізолюючої колагенової мембрани CenoMembrane®.

Розроблена нами методика включала попередній забір венозної крові у пацієнта в пробірку з активатором плазми MM Medic. Далі, в середину пробірки поміщали титановий фільтр, після чого в пробірку засипали гранули мінералізованого кістково-пластичного матеріалу CenoBone® продукції компанії Ceno Biologics. Пробірку щільно закривали та поміщали в центрифугу CROSS-D PREMIUM і здійснювали центрифугування за наступним режимом: 12 хвилин на швидкості 2500 об/хв, 3 хвилини на швидкості 3000 об/хв. Вказаний режим центрифугування у поєднанні із застосуванням титанового фільтра забезпечив можливість конденсації матеріалу на титановому фільтрі у відцентрифугованій верхній фракції плазми з накопиченням еритроцитарної маси в нижній третині пробірки. Отже, у верхній половині пробірки утворився стабільний фібриновий скафолд з конденсованим кістково-пластичним матеріалом. Готовий



скафолд виймали з пробірки та вносили в ділянку кісткової пластики, закриваючи ізолюючою колагеновою мембраною CenoMembrane® виробництва Ceno Biologics (рис. 1).

У всіх пацієнтів I та II групи при операції синус-ліфт техніки був проведений класичний оперативний доступ шляхом кутоподібного розрізу. За допомогою напівсферичної спеціальної фрези формували вікно в ділянці другого премоляра та першого моляра із наступним відсепаруванням слизової гайморової та кістковою аугментацією. Слизово-окісний лоскут укладали на місце та фіксували швами.

Ефективність розробленої нами методики оцінювали за електронно мікроскопічними, клінічними та рентгенологічними показниками.

Для аналізу структури отриманого нами кістково-фібринового скафолду було проведено скануючу електронну мікроскопію отриманих нами препаратів на обладнанні JEOL – 25 TA-220 (Tokyo, Japan). Препарати для дослідження готували висушуванням методом замороження переходом критичної точки, проводили порізуку під різним кутом і монтували на препаратні столики при допомозі електропровідного клею, після чого напиляли шаром (20 нм) хімічно чистого алюмінію (проба <sup>999</sup>) в апараті ВУП-5М (ВО SELMI, м. Суми, Україна) для скануючої електронної мікроскопії (СЕМ) з прискорюючою напругою 15-25 кВ в режимі поглинутих і вторинних розсіяних електронів.

У пацієнтів як I так і II групи клінічні результати в післяопераційному періоді оцінювали за такими ознаками, як присутність чи відсутність болю, набряку, стану та ступеня розходження країв рани, виділення ексудату із лінії розрізу. Комп'ютерну томографію проводили до оперативного втручання та через 6 та 12 місяців після проведеної операції із наступним аналізом структури та щільності кісткової тканини за Хаунсфілдом ГН (1919) (HU) в програмному забезпеченні SimPlant Pro 11.04. З метою порівняння показників щільності кісткової тканини ми використали як інтактні ділянки щелеп, так і додатково архівні дані комп'ютерної томографії 30 пацієнтів контрольної

групи без патології кісткової тканини щелепно-лицевої ділянки. З метою порівняльного аналізу структури та щільності кісткової тканини інтактної кістки, ділянки атрофії альвеолярного відростка пов'язаної із втратою зубів та новоутвореної кісткової тканини після операції, було проведено секторальний аналіз вказаних показників на верхній щелепі, а саме, ділянка різців та ікол, зона премолярів, ділянка молярів та горба верхньої щелепи. Параметри новоутвореної кісткової тканини визначались лінійними розмірами ширини, висоти та глибини у трьох взаємо перпендикулярних напрямках.

Статистичний аналіз числових даних проводився за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel 2019 (Microsoft Office 2019 (Microsoft)). Усі кількісні дані, отримані в дослідженні, відповідали нормальному типу розподілу згідно з Критерієм Шапіро-Уїлка (Shapiro – Wilk's) W test, тому для представлення їх центральної тенденції використовувався інтервал ( $M \pm m$ ): середнє арифметичне (Mean)  $\pm$  стандартна похибка. Для оцінки достовірності відмінностей в отриманих результатах у порівнянні з контрольною групою використовувався параметричний t-критерій (критерій Стюдента). Достовірність різниці в якісних даних між групами порівняння визначалася за результатами розрахунку критерію  $\chi^2$ -квадрат з поправкою Ейтса на неперервність. Достовірним вважалось значення  $p < 0,05$ .

#### Результати дослідження та їх обговорення.

На досліджених нами препаратах відмічались організовані нитки фібрину, які швидко утворюються і разом із псевдоподіями тромбоцитів виявляються у вигляді густо переплетеної сітки (рис. 2), яка може служити надійною каркасною конструкцією для консолідації як з остеобластами, які мігрують у каркас, так і сіткою, що склеює алогенний матеріал. Це в свою чергу створює всі умови для контактного остеогенезу, коли в такий мікрОВОЛОКНИСТИЙ матрикс врастають гемокапіляри і відбувається мінералізація оссеїнових волокон, які масово проникають у алотрансплантат (рис. 3).



А



Б

Рисунок 1 – Синус-ліфт техніка за розробленою методикою: А – титановий фільтр із готовим фібрино-кістковим скафолдом, Б – внесення матеріалу у ділянку кісткової пластики.



Такий матрикс може стати основою для утворення замкнених генеральних пластинок навколо алотрансплантату в процесі неоостеогенезу після трансплантації фібріно-кісткового скафолда в операційне поле.

Вказані результати узгоджуються з низкою загальновідомих фактів, які свідчать про наявність у кістковій тканині остеонів і генеральних пластинок, які складаються з впорядкованих пластів оссеїнових волокон, в кожному з яких напрямок волокон взаємопаралельний і завжди перпендикулярний до наступного і попереднього пласту.

Окремими авторами встановлено, що в основі такого ремоделювання велику роль відіграє характер

**Таблиця 1 – Порівняльний посегментарний аналіз щільності кісткової тканини в одиницях Хаунсфілда у пацієнтів до втрати верхніх молярів**

| № сектору | Ділянки верхньої щелепи | Контрольна група | Достовірність між секторами |
|-----------|-------------------------|------------------|-----------------------------|
| 1         | Різці та ікла в/щ       | 643,10±13,18     | (1-2) p<0,002               |
| 2         | Премоляри в/щ           | 568,83±18,12     | (1-3) p<0,001               |
| 3         | Моляри в/щ              | 479,38±28,96     | (2-3) p<0,01                |
| 4         | Горб в/щ                | 276,79±22,23     | (3-4) p<0,001               |

Примітка: в/щ – верхня щелепа.

**Таблиця 2 – Порівняльний посегментарний аналіз щільності кісткової тканини в одиницях Хаунсфілда у пацієнтів після втрати зубів**

| Ділянки верхньої щелепи | Група з адентіями | Контрольна група | Достовірність між групами |
|-------------------------|-------------------|------------------|---------------------------|
| Різці та ікла в/щ       | 627,97±15,62      | 643,10±13,18     | p>0,05                    |
| Премоляри в/щ           | 554,17±14,48      | 568,83±18,12     | p>0,05                    |
| Моляри в/щ              | 303,52±19,96      | 479,38±28,96     | p<0,001                   |
| Горб в/щ                | 271,97±20,03      | 276,79±22,23     | p>0,05                    |

поверхні аллотрансплантату, що ми візуалізували за допомогою СЕМ-методу. Дані наукової літератури вказують, що саме такі поверхні є найбільш придат-

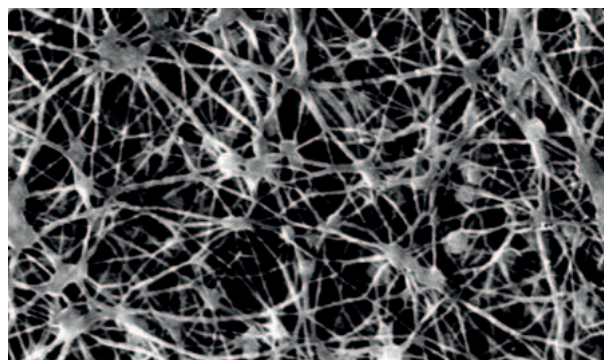
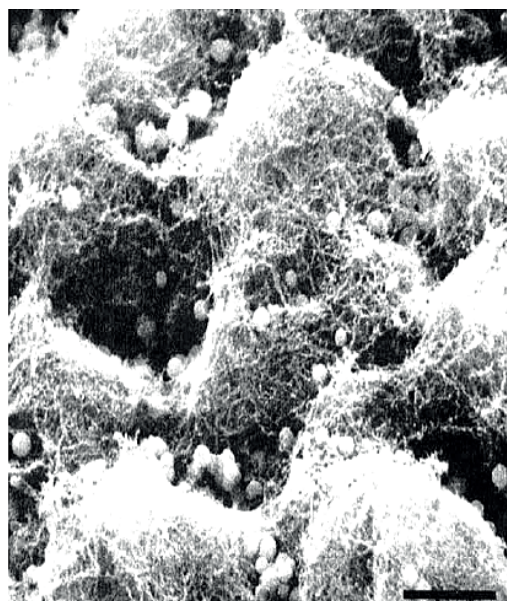
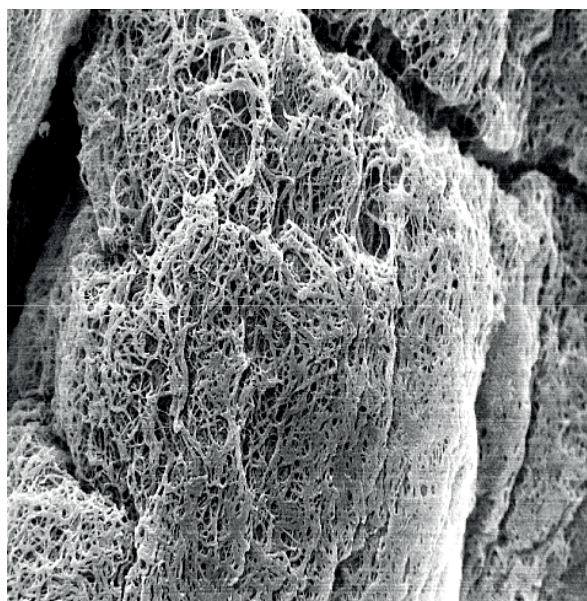


Рисунок 2 – Загальний вигляд препарату з тромбоцитарною масою. Метод: СЕМ; прискорююча напруга: 15кВ. Оригінальне збільшення: x 5200. Масштабний відрізок = 2 мкм.

ними для розвитку процесів контактного і дистантного остеогенезу [26].

Порівняльний секторальний аналіз структури та щільності кісткової тканини верхньої щелепи пацієнтів до проведеного лікування показав суттєві відмінності між собою (табл. 1).

Як видно із таблиці 1, найбільший показник щільності кісткової тканини відмічався у фронтальній ділянці в зоні різців та ікол. Структура кісткової тканини вказаної зони характеризувалась дрібним трабекулярним малюнком із тонким кортикальним шаром кістки. Вказаний кістковий малюнок також прослідковувався і в ділянці премолярів верхньої щелепи, де щільність кісткової тканини становила 568,83±18,12 HU із незначною, проте достовірною різницею із попередньою анатомічною зоною. Дещо менший показник щільності 479,38±28,96 HU відмічався у молярній зоні, де трабекулярний малюнок був дещо більш пористим, проте із більш вираженим кортикальним шаром кісткової тканини. Найбільшою за пористістю була зона горба верхньої



A

B

Рисунок 3 – Фрагменти алокістки із тромбоцитарною масою: А – з утвореною густою сіткою фібрінових волокон, В – вбудованими у сітку тромбоцитами. Метод: СЕМ; прискорююча напруга: 25 кВ. Оригінальне збільшення: А: x1000; В: x1500. Масштабний відрізок: А, В=10 мкм.

щелепи, де щільність кістки була достовірно найменшою (рис. 4).

Отже, як видно із наведеної **таблиці 2** у пацієнтів із втратою зубів суттєвих змін по щільності кісткової тканини у порівнянні із групою контролю не відмічалось, окрім ділянки молярів. У вказаній зоні щільність кісткової тканини достовірно відрізнялась від інтактної кісткової тканини. Вказаний факт, на нашу думку, обумовлений більш вираженими змінами зі сторони структури кісткової тканини цієї анатомічної ділянки у порівнянні з іншими зонами. Це підтверджено більш пористою структурою кісткової тканини вказаної зони.

Аналіз клінічних даних I та II групи показав деяку різницю між обома групами. Так, на 3-у добу обстеження у всіх пацієнтів I та II груп відмічалось наростання колатерального набряку. Проте, з усіх 30 пацієнтів II групи у 8 (26,6%) відмічалось незначні виділення з післяопераційної рани по лінії розрізу. Натомість у I групі тільки у 3 (10%) пацієнтів у вище вказаному терміні з'явилися незначні серозні виділення з операційної рани, а саме, з лінії розрізу. Подальша динаміка вказувала, що на 6-7 доби після синус-ліфт техніки та кісткової пластики тільки у 6 (20%) пацієнтів II групи ще відмічались незначні виділення з операційної рани. В першій групі вказані зміни відмічались тільки у 2 (6,6%) пацієнтів. Проте, потрібно відмітити також, що у пацієнтів II групи у яких були запальні зміни також відмічались такі симптоми, як закладеність та виділення з носа, відчуття важкості та біль в підочній ділянці на стороні операції, що вказувало на запальні зміни у гайморовій пазусі.

Повторний огляд на 12-14 доби після оперативного втручання показав, що у 24 (80%) пацієнтів II групи та у 28 (93,3%) I групи на вказаних термінах таких подальших змін не відмічалось. Отже, аналізуючи клінічний перебіг у післяопераційному періоді потрібно відмітити, що вказані запальні зміни могли бути пов'язані із порушенням цілісності слизової оболонки гайморової пазухи та подальшим її інфікуванням.

При рентгенологічному аналізі структури кісткової тканини практично у всіх пацієнтів I групи як на 6-му, так і на 12-му місяці після проведення синус-ліфт техніки відмічався виражений трабекулярний малюнок кісткової тканини із сформованим структурно-цілісним аугментатом. Аналіз висоти та ширини аугментату показав стабільність створеного нами каркасу та значний приріст від 8 до 12 мм. Проміжку, який би свідчив про сполучнотканинну капсулу у зоні контакту аугментату та кісткового ложа у всіх 28 пацієнтів I групи не відмічалось. Натомість, у 15 (62,5%) пацієнтів II групи більше переважав компактний сформований тип будови новоутвореної кісткової тканини. Параметри аугментату у II групі також показали приріст кісткової тканини від 8 до 11 мм, проте у частини пацієнтів 4 (16,6%) не відмічалось щільного контакту аугментату та кістки. У 9 (37,5%) пацієнтів II групи відмічався структурно не сформований гранулярний малюнок із пристінковим розподіленням

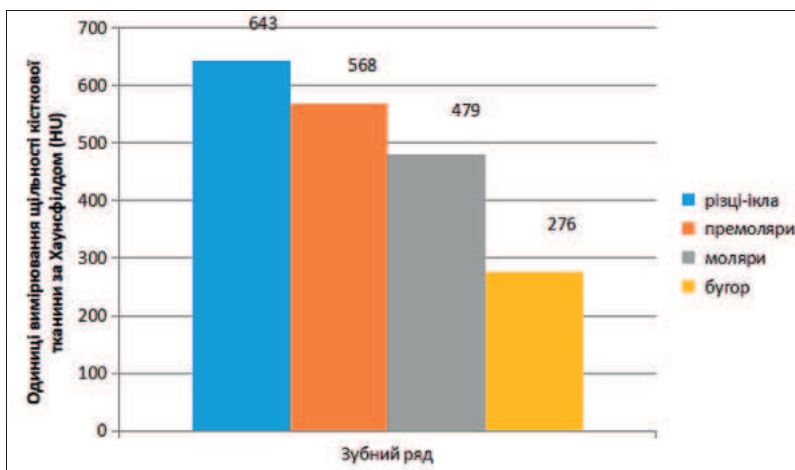


Рисунок 4 – Аналіз даних щільності кісткової тканини верхньої щелепи в групі контролю.

матеріалу. При аналізі ступеня відновлення кортикального шару кісткової тканини у зоні формування оперативного доступу потрібно відмітити, що у I-й групі пацієнтів у 22 (78,5%) відмічалось повне відновлення, у решти 6 (21,4%) відмічалась часткова регенерація. У II групі вказана позитивна динаміка відмічалась тільки в 14 (58,33%) пацієнтів у решти 10 (41,6%) кортикальна пластинка практично не відновилась (рис. 5).

Аналіз динаміки показників щільності кісткової тканини в післяопераційному періоді показав деяку різницю між I та II групами пацієнтів як на 6-му так і на 12-му місяцях спостереження (табл. 3).

Так, на 6-му місяці після проведеного оперативного втручання в I та II групах пацієнтів у порівнянні з контрольною групою, вказані показники щільності були достовірно вищими  $p < 0,001$  на 51,42% у I групі та 69,01% у II групі, що на нашу думку обумовлено присутністю мінералізованого кістково-пластичного матеріалу. Проте, в I групі показники щільності кісткової тканини були нижчими на 10,4% у порівнянні з II групою. Вказана різниця між обома групами на 6-му місяці після операції, на нашу думку, викликана пористим кістковим малюнком у I групі, на відміну від вираженого гіперостозу та компактизації кісткової тканини у II групі, що було наявно у 15 (62,5%) пацієнтів. Вказаний факт, на нашу думку, пов'язаний з однієї сторони вже повноцінно структурно сформованою кістковою тканиною у I групі, відповідно до архітектоніки конденсованого нами під час центрифугування матеріалу, а з іншої частковою резорбцією гранул матеріалу. Також такий результат міг бути обумовлений особливостями тривимірної організації фібринових волокон у поєднанні із гранулами кістково-пластичного матеріалу, що конденсувались під час центрифугування завдяки конструкції фільтру, самого режиму центрифугування та індуктивними властивостями самого скафолду.

**Таблиця 3 – Порівняльний посегментарний аналіз щільності кісткової тканини в одиницях Хаунсфілда у пацієнтів після оперативного втручання**

| Терміни    | I група       | II група      | Контроль     | P (I-II)    |
|------------|---------------|---------------|--------------|-------------|
| 6 місяців  | 725,90±17,68* | 810,21±21,18* | 479,38±28,96 | $p < 0,01$  |
| 12 місяців | 639,34±15,14* | 772,28±17,36* | 479,38±28,96 | $p < 0,001$ |

Примітка: \* – достовірність при порівнянні I та II груп з контролем.



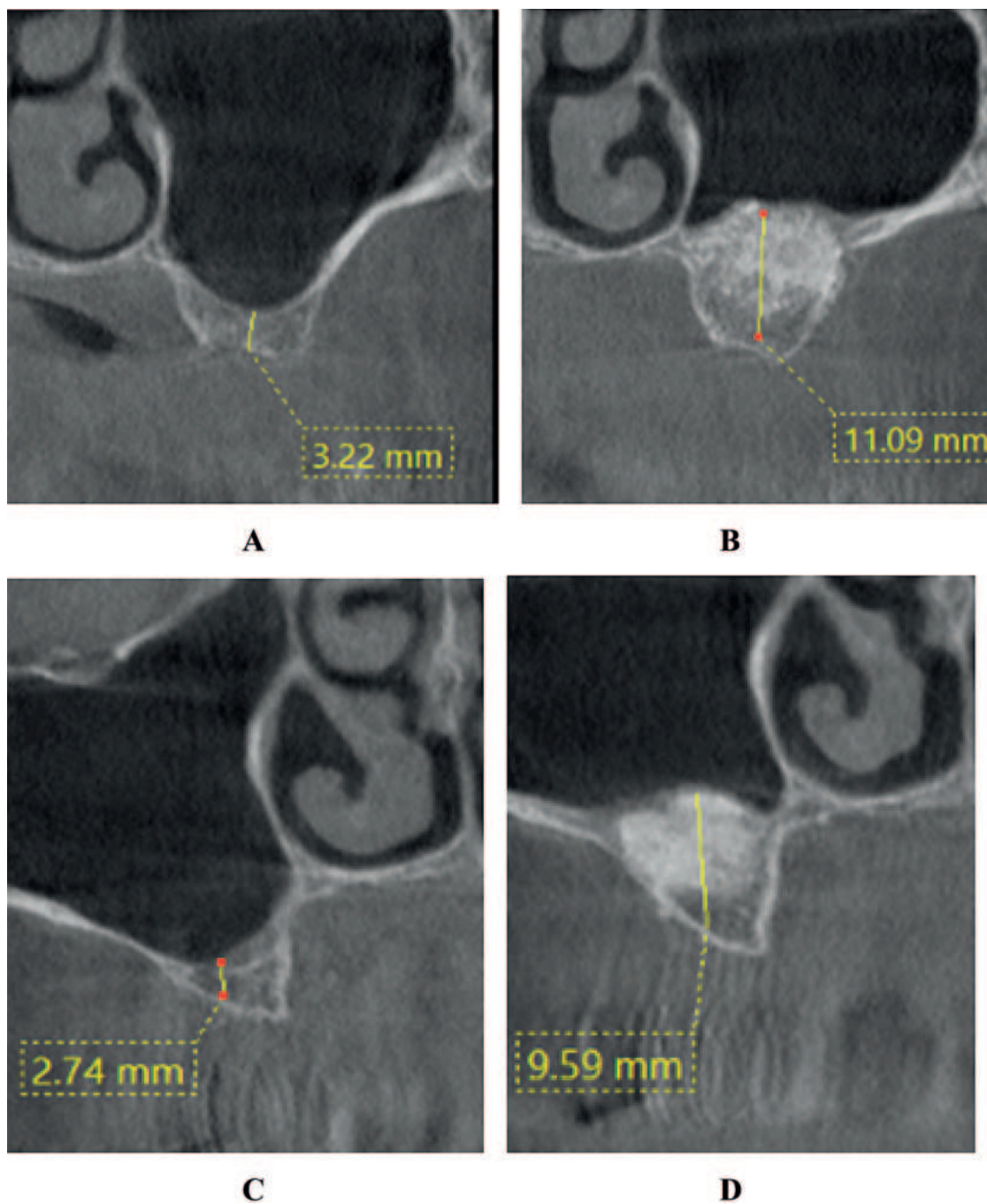


Рисунок 5 – Трансверзальна реконструкція (конусна комп'ютерна томографія): А – I група (стан до оперативного втручання); В – I група (6 місяців після оперативного втручання); С – II група (стан до оперативного втручання); D – II група (6 місяців після оперативного втручання).

Саме остеоіндуктивні властивості створеного нами скафолду, на нашу думку, можуть забезпечувати рівномірне проростання судин на всьому об'єму аугментату, що створює умови для пришвидшеного ремоделювання та остеогенезу. Про це також свідчить і динаміка на 12-му місяці після оперативного втручання, де у I групі щільність кісткової тканини достовірно  $p < 0,001$  знизилась на 11,92%. Натомість, у II групі, де використовувався тільки остеопластичний матеріал, на 12 місяць після операції відбулось тільки незначне зменшення на 4,68% денситометричних показників, що не було достовірно підтверджено. Відсутність суттєвих змін показників щільності кісткової тканини у II групі могло бути обумовлено з однієї сторони самою компактною архітектонікою кісткової

тканини, а з іншої присутність ще не резорбованих гранул матеріалу, що могло потенційно спостерігатись у 9 (37,5%) пацієнтів, у яких відмічався виражений гранулярний малюнок кістки. На нашу думку, останній факт міг бути спричинений з однієї сторони проростанням капілярної сітки в товщу аугментату на більш пізніх термінах та формуванням своєрідної «мертвої зони» із швидшим проростанням сполучної тканини, бідної на капіляри, та послідовною інкапсуляцією не резорбованих гранул матеріалу, а з іншої сторони незначною кількістю новоутвореної кісткової тканини, бідної на капіляри, що так само може вплинути на швидкість трансформації кісткової тканини. Отримані результати відновлення кісткової тка-

нини дещо відрізнялись від результатів інших вчених, які займалися даною проблематикою [5, 6, 7].

#### Висновки.

1. Отриманий нами стабільний комбінований фібриновий скафолд володіє вираженим остеокондуктивним та остеоіндуктивним ефектом, що відображається у повноцінному відновленні кісткової тканини на всій площі аугментації.

2. Проведені нами клінічні та рентгенологічні дослідження показали ефективність розробленої нами методики, що вказувало на позитивні результати си-

нус-ліфт техніки у 28 (93,3%) I групі пацієнтів та у 15 (62,5%) пацієнтів II групи.

#### Перспективи подальших досліджень.

Проведені нами дослідження створюють підґрунтя до подальшого вивчення властивостей отриманого за нашою методикою фібрино-кісткового скафолду. Вказана перспектива може базуватись на подальшій модифікації самого каркасу додатковими остеоіндуктивними компонентами для пришвидшення регенерації кістки.

### References / Література

- Kim BJ, Kwon TK, Baek HS, Hwang DS, Kim CH, Chung IK, et al. A comparative study of the effectiveness of sinus bone grafting with recombinant human bone morphogenetic protein 2-coated tricalcium phosphate and platelet-rich fibrin-mixed tricalcium phosphate in rabbits. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2012;113(5):583-92. DOI: [10.1016/j.ijoleo.2011.04.029](https://doi.org/10.1016/j.ijoleo.2011.04.029).
- Amam MA, Abdo A, Alnour A, Amam A, Jaafo MH. Comparison of calcium sulfate and tricalcium phosphate in bone grafting after sinus lifting for dental implantation: A randomized controlled trial. *Dent Med Probl*. 2023;60(2):239-246. DOI: [10.17219/dmp/151983](https://doi.org/10.17219/dmp/151983).
- Okada T, Kanai T, Tachikawa N, Munakata M, Kasugai S. Long-term radiographic assessment of maxillary sinus floor augmentation using beta-tricalcium phosphate: Analysis by cone-beam computed tomography. *Int J Implant Dent*. 2016;2(1):8. DOI: [10.1186/s40729-016-0042-6](https://doi.org/10.1186/s40729-016-0042-6).
- Oba Y, Tachikawa N, Munakata M, Okada T, Kasugai S. Evaluation of maxillary sinus floor augmentation with the crestal approach and beta-tricalcium phosphate: A cone-beam computed tomography 3- to 9-year follow-up. *Int J Implant Dent*. 2020;6(1):27. DOI: [10.1186/s40729-020-00225-7](https://doi.org/10.1186/s40729-020-00225-7).
- Avetkov DS, Stavitskiy SA, Lokes KP, Yatsenko IV. Otsinka efektyvnosti auhmentatsii alveoliarnoho hrebni na etapi pidhotovky do dentalnoi implantatsii. *Visnyk problem biolohii i medytyny*. 2016;1(131):240-2. [in Ukrainian].
- Pavlenko AV, Dmitrieva EA, Luzin VI. Histolohicheskoye stroeniye regenerata pri zapolnenii kostnogo defekta materialami Easygraft i trikaltsiyfosfatom. *Morfologiya*. 2011;5(2):49-54. [in Ukrainian].
- Pavlenko OV, Dmytriieva YeO. Morfolohichni osnovy vyboru kistkovoplastychnykh materialiv u parodontolohii. *Morfolohiia*. 2011;5(1):5-12. [in Ukrainian].
- Berwig KH, Baldasso C, Dettmer A. Production and characterization of poly(3-hydroxybutyrate) generated by *Alcaligenes latus* using lactose and whey after acid protein precipitation process. *Bioresour Technol*. 2016;218:31-7.
- Hapach LA, Vander Burgh JA, Miller JP, Reinhart-King CA. Manipulation of in vitro collagen matrix architecture for scaffolds of improved physiological relevance. *Physical Biology*. 2015;12(6):061002. DOI: [10.1088/1478-3975/12/6/061002](https://doi.org/10.1088/1478-3975/12/6/061002).
- Pantus AV, Rozhko MM, Paliychuk VI, Kovalchuk NY, Melnyk NS. Microstructure of biopolymer micro-fibrous scaffold and its influence on the ability to retain medicines and tissue regeneration. *Georgian medical news*. 2023;3(336):37-44.
- Crisci A, Lombardi D, Serra E, Lombardi G, Cardillo F, Crisci M. Standardized protocol proposed for clinical use of L-PRF and the use of L-PRF Wound Box®. *J Unexplored Med Data*. 2017;2:77-87. DOI: [10.20517/2572-8180.2017.17](https://doi.org/10.20517/2572-8180.2017.17).
- Kubesch A, Barbeck M, Al-Maawi S, Orlowska A, Booms P, Sader R, et al. A low-speed centrifugation concept leads to cell accumulation and vascularization of solid platelet-rich fibrin: An experimental study in vivo. *Platelets*. 2019;30(3):329-340. DOI: [10.1080/09537104.2018.1445835](https://doi.org/10.1080/09537104.2018.1445835).
- Lee HM, Shen EC, Shen JT, Fu E, Chiu HC, Hsia YJ. Tensile strength, growth factor content and proliferation activities for two platelet concentrates of platelet-rich fibrin and concentrated growth factor. *J. Dent. Sci*. 2020;15(2):141-146. DOI: [10.1016/j.jds.2020.03.011](https://doi.org/10.1016/j.jds.2020.03.011).
- Li W, Sigley J, Pieters M, Helms C, Nagaswami C, Weisel JW, et al. Fibrin Fiber Stiffness Is Strongly Affected by Fiber Diameter, but Not by Fibrinogen Glycation. *Biophys. J*. 2016;110(6):1400-1410. DOI: [10.1016/j.bpj.2016.02.021](https://doi.org/10.1016/j.bpj.2016.02.021).
- McLellan J, Plevin S. Temporal release of growth factors from platelet-rich fibrin (PRF) and platelet-rich plasma (PRP) in the horse: a comparative in vitro analysis. *International Journal of Applied Research in Veterinary Medicine*. 2014;12(1):48-57.
- Caymaz G, Uyanik O. Comparison of the effect of advanced platelet-rich fibrin and leukocyte- and platelet-rich fibrin on outcomes after removal of impacted mandibular third molar: A randomized split-mouth study. *Niger. J. Clin. Pract*. 2019;22(4):546-552. DOI: [10.4103/njcp.njcp\\_473\\_18](https://doi.org/10.4103/njcp.njcp_473_18).
- Canellas JVD, Medeiros PJD, Figueredo CMDS, Fischer RG, Ritto FG. Platelet-rich fibrin in oral surgical procedures: A systematic review and meta-analysis. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg*. 2019;48(3):395-414. DOI: [10.1016/j.ijom.2018.07.007](https://doi.org/10.1016/j.ijom.2018.07.007).
- Caruana A, Savina D, Macedo JP, Soares SC. From Platelet-Rich Plasma to Advanced Platelet-Rich Fibrin: Biological Achievements and Clinical Advances in Modern Surgery. *Eur. J. Dent*. 2019;13(2):280-286. DOI: [10.1055/s-0039-1696585](https://doi.org/10.1055/s-0039-1696585).
- Crisci A, Manfredi S, Crisci M. Fibrinrich in Leukocyte- Platelets (L-PRF) and Injectable Fibrin Rich Platelets (I-PRF), two opportunity in regenerative surgery: Review of the sciences and literature. *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences (IOSR-JDMS)*. 2019;18:66-79.
- Choukroun J, Ghanaati S. Reduction of relative centrifugation force within injectable platelet-rich-fibrin (PRF) concentrates advances patients' own inflammatory cells, platelets and growth factors: The first introduction to the low speed centrifugation concept. *Eur. J. Trauma Emerg. Surg*. 2018;44(1):87-95. DOI: [10.1007/s00068-017-0767-9](https://doi.org/10.1007/s00068-017-0767-9).
- Siawasch SAM, Andrade C, Castro AB, Teughels W, Temmerman A, Quirynen AB. Impact of local and systemic antimicrobials on leukocyte- and platelet rich fibrin: an in vitro study. *Sci Rep*. 2022;12:2710. DOI: [10.1038/s41598-022-06473-4](https://doi.org/10.1038/s41598-022-06473-4).
- Crisci A, Barillaro MC, Lepore G, Cardillo F. L-PRF Membrane (FibrinRich in Platelets and Leukocytes) and Its Derivatives (A-PRF, i-PRF) are Help ful as a Basis of Stem Cells in Regenerative Injury Treatment: Trial Work on the Horse. *International Blood Research & Reviews*. 2019;3(1):1-4.
- Crisci A, Benincasa G, Crisci M, Crisci F. Leukocyte Platelet-Rich Fibrin (L-PRF), a new biomembrane useful in tissue repair: basic science and literature review. *Biointerface Research in Applied Chemistry*. 2018;8(5):3635-43.
- De Almeida NCPM, Dos Santos NBM, Completo AMG, De Oliveira FGV. Tensile strength assay comparing the resistance between two different autologous platelet concentrates (leukocyte-platelet rich fibrin versus advanced-platelet-rich fibrin): A pilot study. *Int. J. Implant Dent*. 2021;15(7):1. DOI: [10.1186/s40729-020-00284-w](https://doi.org/10.1186/s40729-020-00284-w).
- El Bagdadi K, Kubesch A, Yu X, Al-Maawi S, Orlowska A, Dias A, et al. Reduction of relative centrifugal forces increases growth factor release within solid platelet-rich fibrin (PRF)-based matrices: a proof of concept of LSCC (low speed centrifugation concept). *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*. 2019;45(3):467-79.
- Humeniuk RA. Zasoby dlia optymizatsii osteohenezu v stomatolohii: oblast zastosuvannya, aktualnist problemy i perspektivy rozrobok i vprovadzhennia novykh preparativ. Kyiv; 2021. 152 s. [in Ukrainian].

### АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНОЇ МЕТОДИКИ ОДНОЧАСНОГО ФОРМУВАННЯ КОМБІНОВАНОГО ФІБРИНО-КІСТКОВОГО СКАФОЛДУ ПРИ СИНУС-ЛІФТ ТЕХНІЦІ

Челій А. О.



**Резюме.** Хірургічні стоматологічні втручання часто передбачають застосування імплантаційних матеріалів на основі трикальцій-фосфату та гідроксипатиту для відновлення кісткової тканини щелепи.

Мета дослідження – підвищення ефективності синус-ліфт техніки ало-аутологічним матеріалом, отриманим шляхом одномоментного центрифугування гранул кістково-пластичного матеріалу та аутологічного кістково-пластичного матеріалу і венозної крові пацієнта.

Для клінічних досліджень були відібрані 60 хворих віком від 20 до 40 років з атрофією альвеолярного відростка верхньої щелепи. Усі пацієнти були розділені на I та II групи, яким проводили операцію синус-ліфт техніки та кісткову пластику. В I групі використовували скафолд, який готували за розробленим нами протоколом.

Наведені нами результати післяопераційних клінічних та рентгенологічних досліджень підтверджують ефективність розробленої нами методики. Дана ефективність підтверджувалась позитивними результатами синус-ліфт техніки у 28 (93,3%) I групі пацієнтів та у 15 (62,5%) пацієнтів II групи. Про це свідчив виражений трабекулярний малюнок кісткової тканини щільністю  $639,34 \pm 15,14$  HU із сформованим структурно-цілісним аугментатом, що дав значний приріст висоти від 8 до 12 мм. Натомість у II групі в більшості пацієнтів переважав компактний сформований тип будови новоутвореної кісткової тканини щільністю  $772,28 \pm 17,36$  HU у поєднанні з структурно не сформованим гранулярним малюнком із пристінковим розподіленням матеріалу.

Проведені нами клінічні та рентгенологічні дослідження показали ефективність розробленої нами методики, що вказувало на позитивні результати синус-ліфт техніки у 28 (93,3%) I групі пацієнтів та у 15 (62,5%) пацієнтів II групи.

**Ключові слова:** кісткова тканина, регенерація кісткової тканини, синус-ліфт, кістково-пластичний матеріал, кісткова пластика.

#### ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF THE DEVELOPED TECHNIQUE FOR THE SIMULTANEOUS FORMATION OF A COMBINED FIBRIN- OSSEOUS SCAFFOLD USING THE SINUS LIFT TECHNIQUE

Cheliy A. O.

**Abstract.** Surgical dental interventions frequently entail the use of implant materials comprising tricalcium phosphate and hydroxyapatite, with the objective of restoring jaw bone tissue.

The aim of the present study is to enhance the efficacy of the sinus-lift technique by employing a novel method that utilises allo-autologous material. This material is obtained through a process of simultaneous centrifugation, which involves the combination of bone-plastic material granules, autologous bone-plastic material, and venous blood from the patient.

For the clinical trials, a sample of 60 patients aged between 20 and 40 years was selected on the basis of atrophy of the alveolar ridge of the upper jaw. All patients were divided into groups I and II, who were performed sinus-lift surgery and bone grafting. In Group I, the use of scaffold was employed, which was prepared in accordance with the protocol that had been developed by the present authors.

Our results of postoperative clinical and radiological studies confirm the effectiveness of the technique developed by us. This effectiveness was confirmed by positive results of sinus-lift technique in 28 (93.3%) patients of group I and 15 (62.5%) patients of group II. This was evidenced by a pronounced trabecular pattern of bone tissue with a density of  $639.34 \pm 15.14$  HU accompanied by formed structurally integral augmentation, which resulted in a substantial increase in height from 8 to 12 mm. On the contrary, in group II, the majority of exhibited a compact-formed type of structure of the newly formed bone tissue characterised by a density of  $772.28 \pm 17.36$  HU in combination with a structurally unformed granular pattern exhibiting parietal distribution of material.

Clinical and radiological studies, performed by the present authors, have demonstrated the effectiveness of the technique developed by us, which indicated positive results of the sinus-lift technique in 28 (93.3%) patients of group I and 15 (62.5%) patients of group II.

**Key words:** bone tissue, bone regeneration, sinus-lift, bone-plastic material, bone grafting.

#### ORCID and contributionship / ORCID автора та його внесок до статті:

Cheliy A. O.: <https://orcid.org/0009-0006-4718-8508> <sup>ABCDEF</sup>

#### Corresponding author / Адреса для кореспонденції

Cheliy Anton Oleksandrovych / Челій Антон Олександрович

Ivano-Frankivsk National Medical University / Івано-Франківський національний медичний університет

Address: Ukraine, 76018, Ivano-Frankivsk, 2 Halytska str. / Адреса: Україна, 76018, м. Івано-Франківськ, вулиця Галицька 2

Tel.: +380500807893 / Тел.: +380500807893

E-mail: [cheliyanton@gmail.com](mailto:cheliyanton@gmail.com)

A – Work concept and design, B – Data collection and analysis, C – Responsibility for statistical analysis, D – Writing the article, E – Critical review, F – Final approval of the article / A – концепція роботи та дизайн, B – збір та аналіз даних, C – відповідальність за статистичний аналіз, D – написання статті, E – критичний огляд, F – остаточне затвердження статті.

Received 06.02.2025 / Стаття надійшла 06.02.2025 року  
Accepted 00.05.2025 / Стаття прийнята до друку 00.05.2025 року