

Астапенко О.О., Ємельянов С.Д.

Кістково-пластичні матеріали та способи їх використання (огляд)

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця

Актуальність. В умовах дефіциту або дефекту кісткової тканини в ділянці подальшої імплантації раціонально проводити кісткову пластику. Існують різні методики проведення кістково-пластичних операцій, які відрізняються розрізами, об'ємами, матеріалами та способами їх використання під час проведення операції. Задля використання кістково-пластичних матеріалів застосовують різні субстрати для їх замішування.

Метою роботи є структуроване розуміння сучасного стану розвитку кісткової пластики на прикладі досліджень, пов'язаних із операціями з застосуванням кістково-пластичних матеріалів та речовин для їх замішування (субстратів); визначення напрямів, яким не надавалась увага.

Висновки:

1. Наразі питання вибору субстрату для замішування кістково-пластичних матеріалів досліджене недостатньо.
2. Існує необхідність провести дослідження із порівнянням різних субстратів для замішування кісткової тканини.
3. Потрібно створити науково обґрунтоване керівництво по використанню різних субстратів для різних клінічних випадків.

Ключові слова: кісткова пластика, кістково-пластичні матеріали, імплантація.

Вступ

Нині дентальна імплантація є загальноприйнятим методом лікування дефектів зубних рядів. Вона дозволяє вирішувати складні порушення функції зубощелепної системи та естетики [41, 42, 43, 44, 57].

Задля успіху проведення дентальної імплантації чільне значення має кількість та якість кістки в ділянці запланованого оперативного втручання, але не завжди є умови для її проведення. В умовах дефіциту або дефекту кісткової тканини раціонально провести кісткову пластику.

Успіх кістково-пластичних операцій залежить не лише від вибору методу операції кісткової пластики та досвіду хірурга, а також від діагностики, етапів планування оперативного втручання в передопераційному періоді.

Метою нашого дослідження є структуроване ро-

зуміння сучасного стану розвитку кісткової пластики на прикладі досліджень, пов'язаних із операціями з застосуванням кістково-пластичних матеріалів та речовин для їх замішування (субстратів); визначити напрями, яким не надавалась увага при попередніх дослідженнях.

Існують різні методики проведення кістково-пластичних операцій, які відрізняються розрізами, об'ємами, матеріалами та способами їх використання під час проведення операції.

Імплантація на верхній щелепі ускладнюється атрофією альвеолярного відростку, спричиненої втратою зубів, пневматичним типом верхньощелепної пазухи. Одним із методів збільшення об'єму кісткової тканини на верхній щелепі є синусліфтинг [13, 14, 15, 58, 59].

Матеріальне забезпечення таких операцій вклю-

чає кістково-пластичні матеріали та мембрани різного типу. Для замішування кістково-пластичних матеріалів використовують різні субстрати (0,9% розчин NaCl, розчин хлоргексидину 0,05%, власну венозну кров, препарати плазми власної крові та ін.).

Матеріали для кісткових трансплантатів використовують в реконструктивній хірургії для заповнення порожнин, нарощування кісток, полегшення або посилення регенерації кісткових дефектів за допомогою остеокондукції, забезпечення механічної підтримки мембрани, стабілізації згустку крові, а також як транспортні засоби для антибіотиків або факторів росту. Кістковий наповнювач повинен бути безпечним, нетоксичним, біосумісним, забезпечувати механічну підтримку і остеокондуктивний каркас, остеоінтегруватися або перебудовуватися, забезпечувати умови для вrostання кровонесних судин, бути простим у використанні та економічно ефективним. Наразі існує декілька варіантів трансплантаційного матеріалу, включаючи аутологічну або алогенну кістку, ксеногенні або алопластичні замітники кісткового трансплантату. Ці матеріали можуть мати одну або кілька властивостей, які зазвичай описуються як остеокондуктивні, остеоіндуктивні та остеогенні [17, 29, 31, 53].

Остеокондуктивні матеріали мають матрицю, яка служить каркасом, що використовується як шаблон і тверда основа для регенерації кісткової тканини. Матеріали з остеоіндуктивними властивостями містять білки, які стимулюють і підтримують проліферацію та диференціацію клітин-попередників. Остеогенний означає, що матеріал містить остеогенні клітини (остеобласти або попередники остеобластів), які здатні формувати кістку, якщо їх помістити у відповідне середовище [51, 54, 55, 56].

Аутологічна кістка є кращим матеріалом для кісткового трансплантату, оскільки вона має остеоіндуктивні, остеогенні та остеокондуктивні властивості. Однак вилучення аутологічної кістки вимагає додаткового хірургічного втручання, що збільшує час операції, вартість, травматичність, внутрішню операційну крововтрату, біль і час відновлення. Також є ризики ускладнень в донорській ділянці (посилення післяопераційного болю, пошкодження нервів, кровонесних судин, гематоми, інфекції, грижі та косметичні недоліки) [14, 27, 47, 49].

Кістка володіє унікальним механізмом загоєння. Вона відновлює свою первісну функцію та структуру після переломів та дефектів, що схоже на процес розвитку та росту кістки. В механічно стабільних умовах кістка відновлюється за наявності двох важливих умов: це каркас для формування кісткової тканини та

достатнє кровопостачання [15, 23, 45, 46, 48, 52].

Існує декілька шляхів для регенерації кісткової тканини, які працюють як окремо, так і в комбінації:

- Остеоіндукція факторами росту, що виділяються з аутологічних кісткових частинок або додаються у вигляді рекомбінантних білків до носія, що перекладається в дефект.
- Остеокондукція за допомогою ауто-трансплантатів, алотрансплантатів, ксенотрансплантатів або алопластів. Остеокондукція полегшує закриття великих дефектів, утворюючи каркас, на якому буде формуватися кістка. При цьому, ступінь заміщення кісткового матеріалу сильно варіюється та залежить від використовуваного кісткового трансплантата або замітника.
- Передача стовбурових клітин або клітин-попередників, що диференціюються в остеобласти за допомогою кісткових трансплантатів або аспірату із кісткового мозку.
- Дистракційний остеогенез, який полягає в тому, щоб каналізувати кісткову мозолю в поздовжні відсіки, обмежені пучками колагенових волокон, що постійно розтягуються.
- Направлена кісткова регенерація, яка заснована на захисті кісткової регенерації від надмірного росту тканин, утворених швидко проліферуючими нетерогенними клітинами [24, 48, 50, 55, 56].

Проводиться велика кількість досліджень неостеогенезу із застосуванням кістково-пластичних матеріалів. Більшість досліджень дійшли висновків, що кістково-пластичний матеріал має відповідати наступним вимогам:

1. Діяти, як будівельний каркас, що направляє ріст кісткової тканини (остеокондуктивні властивості);
2. Володіти об'ємом пор, їх взаємопов'язаністю та розмірами, достатніми для інвазії кров'яних судин;
3. Володіти механічними характеристиками, схожими з тими, які мають бути регенеровані [1, 2, 3, 4, 5].

За даними деяких авторів, кістково-пластичні матеріали різної форми та розмірів доступні у великій кількості. Проте вони потребують більш довгого періоду загоєння у порівнянні з аутокісткою через недостатній біологічний потенціал, оскільки не містять органічної складової, а є лише каркасом для створення нової кістки. Проте застосування кістково-пластичних матеріалів не потребує додаткових операційних втручань для забору власної кісткової тканини і, як

наслідок, є менш травматичним для організму.

Також при використанні аутокістки присутня непередбачувана резорбція, і як наслідок недостатній об'єм кісткової тканини для подальшої імплантації [5].

Нині алотрансплантати та ксенотрансплантати розглядають у якості альтернативи (6), хоча вони у порівнянні із аутокістковим матеріалом демонструють меншу площу регенованої кістки [7] та меншу регенерацію дефектів, більш повільне ремоделювання та більший відсоток ускладнень [5, 8].

Проводились дослідження із порівнянням аутокістки, алогографту, ксенографту та синтетичних матеріалів. Були виявлені їх переваги та недоліки.

Аутокістка (власна кістка організму) є золотим стандартом в кістковій пластиці через наявність остеогенних, остеоіндуктивних та остеокондуктивних функцій через наявність живих клітин у матеріалі. Проте аутокістка неконтрольовано резорбується, а кількість, яку можливо отримати, значно обмежена. Аутокістку можна використовувати кістковими блоками та в подрібненому вигляді. Кожен із методів має свої переваги та недоліки. Подрібнений трансплантат має більшу остеоіндукцію та остеокондукцію через те, що більша площа відкритого трансплантату легше вивільняє фактори росту. Проте остеогенний потенціал більший у кісткового блоку, через те, що під час подрібнення та механічних маніпуляцій кількість остеогенних клітин зменшується [10]. При подрібненні кісткового трансплантату зникає можливість його фіксації, а механічна стабільність трансплантату значно знижується. До того ж при подрібненні значно збільшується швидкість резорбції трансплантату [19, 20, 21, 25, 26, 27, 28].

Аллотрансплантат – це кістка, отримана із донора того ж виду, в нашому випадку від іншої людини. Аллотрансплантати показали лише остеокондуктивні властивості через недостатню кількість та можливо деактивовані стан остеоіндуктивних молекул. Аллотрансплантатам, як і аутокістці, властива неконтрольована резорбція. Проте вони доступні у достатній кількості [17, 18, 19, 20, 21, 22].

Ксенотрансплантати – це кістковозамінні матеріали, які отримані з тварин, де повністю видалено органічний компонент задля уникнення ризику імунної відповіді та передачі захворювань. Матеріали, отримані з крупної рогатої худоби, піддають термічній обробці. При температурі понад 1000°C трапляється спікання природних гідроксиапатитів, що викликає зникнення міжкристалічних проміжків. Ці трансплантати відносять до умовно нерезорбуємих через те, що під час дослідження біоптатів через 10 років були знайдені нерезорбовані залишки ксенографту

[17, 30, 31, 32, 33, 36, 37, 38, 39, 40].

Синтетичні матеріали (аллопластичні кісткові замітники) за походженням не несуть ризиків захворювань. Проте технології їх виготовлення не дозволяють створити бажані характеристики матеріалу, наприклад, сформувати макропористу шорстку поверхню, що імітує натуральний кістковий матеріал. На сьогодні розвиток синтетичних матеріалів йде в наступних трьох напрямках: фосфати кальцію, біоактивне скло та полімери. Найбільший розвиток отримали фосфати кальцію. Хоча фосфати кальцію є остеокондуктивними, все ще необхідно створити оптимальну поверхню, яка буде відповідати поверхні матеріалу із натуральної кістки [6, 11, 12, 16, 34, 35].

В дослідженнях не приділялась увага субстрату, на якому заміщувався остеопластичний матеріал. Окрема увага приділялась різним препаратам плазми крові та використанню їх при направленій кістковій регенерації, різним остеопластичним матеріалам різних виробників замішаних на різних субстратах. Проте не досліджувались окремо різні варіанти субстратів та порівняння перебігу остеогенезу при їх застосуванні.

Досліджувались використання кістково-пластичного матеріалу Bio-Oss, який заміщували на венозній крові. Метою дослідження було оцінити утворення кістки після операції синусліфтинг із використанням кістково-пластичного матеріалу Bio-Oss, який заміщували на венозній крові, використовуючи гістологічні та гістоморфометричні дослідження біоптатів людини [60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67]. При цьому роль субстрата (венозної крові) не була розглянута.

Проводились дослідження із порівнянням бичачого та кінського ксенопластичних матеріалів. Метою дослідження було вивчення гістологічних особливостей утвореної кісткової тканини із застосуванням бичачого та кінського ксенопластичних матеріалів під час операції відкритого синусліфтингу у людей. Під час операції використовувалася власна венозна кров. Результати дослідження не показали різниці між бичачим та кінським кістковим матеріалом [68]. Роль субстрату (венозної крові) не розглядалась.

Досліджувалось використання матеріалу Bio-Oss. Метою дослідження було оцінити формування кісткової тканини після аугментації верхньощелепної пазухи людини із використанням лише бичачого кісткового матеріалу Bio-Oss. У дослідженні під час операції у якості субстрату для замішування графту використовували фізрозчин [69]. Також роль субстрату (фізрозчину) не розглядалась.

Різні автори пропонували використовувати різні субстрати, спираючись на власний досвід або звички, а не на науково обґрунтовані дослідження.

Тому питання про вибір матеріалу та його підготовку для застосування під час кістково-пластичних операцій має актуальне значення в клінічній практиці [5, 6, 9].

Висновки:

1. Наразі питання вибору субстрату для замішування кістково-пластичних матеріалів дослідже-

не недостатньо.

2. Існує необхідність провести дослідження із порівнянням різних субстратів для замішування кісткової тканини.

3. Потрібно створити науково обгрунтоване керівництво по використанню різних субстратів для різних клінічних випадків.

ПОСИЛАННЯ

- Piattelli M., Bavero G.F., Scarano A., Orsini G., Piattelli A. Bone reactions to anorganic bovine bone (Bio-Oss) used in sinus lifting procedure: A histologic long-term report of 20 cases in man. *Int. J. Oral. Maxillofac. Implants*, 1999, 14 (6), 835–840.
- Wallace S.S., Froum S.J. Effect of maxillary sinus augmentation on the survival of endosseous dental implants. A systematic review. *Ann. Periodontol.*, 2003, 8 (1), 328–343.
- Galindo-Moreno P., Moreno-Riestra I., Avila G., Padial-Molina M., Paya J.A., Wang H.L., O'Valle F. Effect of anorganic bovine bone to autogenous cortical bone ratio upon bone remodeling patterns following maxillary sinus augmentation. *Clin. Oral. Implants Res.*, 2011, 22 (8), 857–864.
- Froum S.J., Wallace S.S., Cho S.C., Elian N., Tarnow D.P. Histomorphometric comparison of a biphasic bone ceramic to anorganic bovine bone for sinus augmentation: 6-to-8-month postsurgical assessment of vital bone formation. A pilot study. *Int. J. Periodontics Restorative Dent.*, 2008, 28 (3), 273–281.
- Giovanna Iezzi, Adriano Piattelli, Alessandra Giuliani, Carlo Mangano, Licia Manzon, Marco Degidi, Flavia Iaculli, Antonio Scarano, Antonella Filippone and Vittoria Perrotti. *Molecular, Cellular and Pharmaceutical Aspects of Bone Grafting Materials and Membranes During Maxillary Sinus-lift Procedures. Part 1: A General Overview Current Pharmaceutical Biotechnology*, 2017, 18, 19–32.
- Scarano A., Degidi M., Iezzi G., Pecora G., Piattelli M., Orsini G., Caputi S., Perrotti V., Mangano C., Piattelli A. Maxillary sinus augmentation with different biomaterials: a comparative histologic and histomorphometric study in man. *Implant Dent.*, 2006, 15 (2), 197–207.
- Neugebauer J., Iezzi G., Perrotti V., Fischer J.H., Khoury F., Piattelli A., Zoeller J.E. Experimental immediate loading of dental implants in conjunction with grafting procedures. *J. Biomed. Mater. Res. B Appl. Biomater.*, 2009, 91 (2), 604–612.
- Schwarz F., Herten M., Ferrari D., Wieland M., Schmitz L., Engelhardt E., Becker J. Guided bone regeneration at dehiscence-type defects using biphasic hydroxyapatite + beta tricalcium phosphate (Bone Ceramic) or a collagen-coated natural bone mineral (BioOss Collagen): An immunohistochemical study in dogs. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.*, 2007, 36 (12), 1198–1206.
- Mazor Z., Horowitz R.A., Del Corso M., Prasad H.S., Rohrer M.D., Dohan Ehrenfest D.M. Sinus floor augmentation with simultaneous implant placement using Choukroun's platelet-rich fibrin as the sole grafting material: a radiologic and histologic study at 6 months. *J. Periodontol.*, 2009, 80 (12), 2056–2064.
- D. Buser. *20 Years of Guided bone regeneration in implant dentistry*, 2nd edition 2009, 15–45, 71–96.
- Jensen S.S., Yeo A., Dard M., Hunziker E., Schenk R., Buser D. Evaluation of a novel biphasic calcium phosphate in standardized bone defects. A histologic and histomorphometric study in the mandibles of minipigs. *Clin Oral Implants Res* 2007; 18: 752–760.
- Jensen S.S., Bornstein M.M., Dard M., Bosshardt D., Buser D. Comparative study of biphasic calcium phosphates with different HA/TCP ratios in mandibular bone defects. A long-term histomorphometric study in minipigs. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2009; 90B: 171–181.
- Buser D., Martin W., Belser U. Optimizing esthetics for implant restorations in the anterior maxilla: Anatomic and surgical considerations. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004; 19 (suppl): 43–61.
- Buser D., Chen S.T., Weber H.P., Belser U. Early implant placement following single-tooth extraction in the esthetic zone: Biologic rationale and surgical procedures. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2008; 28: 441–451.
- Buser D., Hoffmann B., Bernard Jp., Lussi A., Mettler D., Schenk R.K. Evaluation of filling materials in membrane protected bone defects. A comparative histomorphometric study in the mandibles of miniature pigs. *Clin Oral Implants Res* 1998; 9: 137–150.
- Jensen S.S., Brogini N., Weibrich G., Hjorting-Hansen E., Schenk R., Buser D. Bone regeneration in standardized bone defects with autografts or bone substitutes in combination with platelet concentrate: A histologic and histomorphometric study in the mandibles of minipigs. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005; 20: 703–712.
- Jensen S.S., Brogini N., Schenk R., Buser D. Bone healing and graft resorption of autograft, anorganic bovine bone and β -tricalcium phosphate. A histologic and histomorphometric study in the mandibles of minipigs. *Clin Oral Implants Res* 2006; 17: 237–243.
- Honig J., Merten H.A. Das Gottinger Miniatureschwein (GMS) als Versuchstier in der humanmedizinischen osteologischen Grundlagenforschung. *Z Zahnztl Implantol*, 1993; 2: 244–254.
- Pearce A.I., Richards R.G., Milz S., Schneider E., Pearce S.G. Animal models for implant biomaterial research in bone: A review. *Eur Cells Mater* 2007; 13: 1–10.
- Pinholt E.M., Solheim E., Talsnes O., Larsen T.B., Bang G., Kirkeby O.J. Revascularization of calvarial, mandibular, tibial, and

- iliac bone grafts in rats. *Ann Plast Surg* 1994; 33: 193–197.
21. De Marco A.C., Jardini M.A., Lima L.P. Revascularization of autogenous block grafts with or without an PTFE membrane. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005; 20: 867–874.
 22. Gordh M., Alberius P., Lindberg L., Johnell O. Bone graft incorporation after cortical perforations of the host bed. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1997; 117: 664–670.
 23. Widmark G., Andersson B., Ivanoff C.J. Mandibular bone graft in the anterior maxilla for single-tooth implants. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1997; 26: 100–109.
 24. Gordh M., Alberius P. Some basic factor sessentialto autogeneic nonvascularized onlay bone grafting to the craniofacial skeleton. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg* 1999; 32: 129–146.
 25. Springer I.N.G., Terheyden H., Geiss S., Harle F., Hedderich J., Acil Y. Particulated bone grafts Effectiveness of bone cell supply. *Clin Oral Implants Res* 2004; 15: 205–212.
 26. Chiapasco M., Abati S., Romeo E., Vogel G. Clinical outcome of autogenous bone blocks or guided bone regeneration with e-PTFE membranes for the reconstruction of narrow edentulous ridges. *Clin Oral Implants Res* 1999; 10: 278–288.
 27. Peleg M., Garg A.K., Misch C.M., Mazor Z. Maxillary sinus and ridge augmentations using surface-derived autogenous bone graft. *J Oral Maxillofac Surg* 2004; 62: 1535–1544.
 28. Artzi Z., Kozlovsky A., Nemcovsky C.E., Weinreb M. The amount of newly formed bone in sinus grafting procedures depends on tissue depth as well as the type and residual amount of the grafted material. *J Clin Periodontol* 2005; 32: 193–199.
 29. Zaffe D., D'Avenia F. A novel bone scraper for intraoral harvesting. A device for filling small bone defects. *Clin Oral Implants Res* 2007; 18: 525–533.
 30. Kainulainen V.S., Kainulainen T.J., Oikarinen K.S., Carmicheal R.P., Sandor G.K.B. Performance of six bone collectors designed for implant surgery. *Clin Oral Implants Res* 2006; 17: 282–287.
 31. Schmitz J., Hollinger J. The critical size defect as an experimental model for craniomandibular nonjunction. *Clin Orthop* 1986; 205: 299–304.
 32. Pallesen L., Schou S., Aaboe M., Hjorting-Hansen E., Nattestad A., Melsen F. Influence of particle size on the early stages of bone regeneration: A histologic and stereologic study in rabbit calvarium . *Int J Oral Maxillofac Implants* 2002; 17: 498–506.
 33. Piattelli M., Favero G.A., Scarano A., Orsini G., Piattelli A. Bone reactions to anorganic bovine bone (Bio-Oss) used in sinus augmentation procedures: A histologic longterm report of 20 cases in humans. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999; 14: 835–840.
 34. Hammerle C.H.F., Chiantella G.C., Karring I., Lang N.P. The effect of a deproteinized bovine bone mineral on bone regeneration around titanium dental implants. *Clin Oral Implants Res* 1998; 9: 151–162.
 35. Buser D., Schenk R.K., Steinemann S., Fiorellini J.P., Fox C.H., Stich H. Influence of surface characteristics on bone integration of titanium implants: A histomorphometric study in miniature pigs. *J Biomed Mater Res* 1991; 25: 889–902.
 36. Hjorting-Hansen E., Worsaae N., Lemons J.E. Histo-logic response after implantation of porous hydroxylapatite ceramic in humans. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1990; 5: 255–263.
 37. Ewers R. Maxilla sinus grafting with marine algae derived bone forming material: A clinical report of longterm results. *J Oral Maxillofac Surg* 2005; 63: 1712–1723.
 38. Thorwarth M., Wehman F., Srouf S. et al. Evaluationof substitutes for bone: Comparison of microradio-graphic and histological assessments. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2007; 45: 41–47.
 39. Schwartz Z., Weesner T., van Dijk S. et al. Ability of deproteinized cancellous bovine bone to induce new bone formation . *J Periodontol* 2000; 71: 1258–1269.
 40. Wenz B., Oesch B., Horst M. Analysis of the risk of transmitting bovine spongiform encephalopathy through bone grafts derived from bovine bone. *Biomaterials* 2001; 22: 1599–1606.
 41. Buser D., Broggin N., Wieland M. et al. Enhanced bone apposition to a chemically modified SLA titanium surface. *J Dent Res* 2004; 83: 529–533.
 42. Branemark P.I. Osseointegration and its experimental background. *J prosthet Dent.* 1983; 50: 399–410.
 43. Branemark P.I., Zarb G.A., Albrektsson T., Rosen H.M. Tissue-integrated prostheses. osseointegration in clinical dentistry.
 44. Albrektsson T., Brånemark P.I., Hansson H.A, Lindstrom J. Osseointegrated titanium implants: requirements for ensuring a long-lasting, direct bone-to-implant anchorage in man. *Acta Orthopaedica Scandinavica.* 1981, Jan, 1; 52 (2): 155–70.
 45. C.M. Misch, C.E. Misch. The repair of localized severe ridge defects for implant placement using mandibular bone grafts. *Implant Dentistry*, 1995, Winter; 4 (4): 261–7.
 46. Marks S.C. Jr., Popoff S.N. Bone cell biology: The regulation of development, structure, and function in the skeleton. *Am J Anat* 1988;183: 1–44.
 47. Qiu S., Rao D.S., Palnitkar S., Parfitt A.M. Relationships between osteocyte density and bone formation rate in human cancellous bone. *Bone* 2002; 31: 709–711.
 48. Ferretti M., Muglia M.A., Remaggi F., Cane V., Palumbo C. Histomorphometric study on the osteocyte lacunocanalicular network in animals of different species. 2. Parallelfibered and lamellar bones. *Ital J Anat Embryol* 1999; 104: 121–131.
 49. Ham A.W. Some histophysiological problems peculiar to calcified tissues. *J Bone Joint Surg* 1952; 34A: 701–728.
 50. Noble B.S., Reeve J. Osteocyte function, osteocyte death and bone fracture resistance. *Mol Cell Endocrinol* 2000; 159: 7–13.
 51. Jones S.J., Boyde A. Scanning electron microscopy of bone cells in cultures. In: Copp D.H., Talmage R.V. (eds). *Endocrinology of Calcium Metabolism.* Amsterdam: Excerpta Medica, 1978: 97–104.
 52. Teitelbaum S.L., Ross F.P. Genetic regulation of osteoclast development and function. *Nat Rev Genet* 2003; 4: 638–649 .
 53. Minkin C. Bone acid phosphatase: Tartrateresistant acid phosphatase as a marker of osteoclast function. *Calcif Tissue Int* 1982; 34: 285–290.

54. Nanci A. Content and distribution of noncollagenous matrix proteins in bone and cementum: Relationship to speed of formation and collagen packing density. *J Struct Bioi* 1999; 126: 256–269.
55. Robey P.G. Vertebrate mineralized matrix proteins: Structure and function. *Connect Tissue Res* 1996; 35: 131–136.
56. Sodek J., McKee M.D. Molecular and cellular biology of alveolar bone. *Periodontol* 2000; 24: 99–126.
57. Butler W.T. Noncollagenous proteins of bone and dentin: A brief overview. In: Goldberg M., Boskey A., Robinson C. (eds). *Chemistry and Biology of Mineralized Tissues*. Rosemont, IL: American Academy of Orthopedic Surgeons, 2000: 137–141.
58. Babusch Ch. *Dental Implants. The Art and Science*. — Philadelphia — London: W.B. Saunders Company, 2001.
59. Borgner R. Clinical experience and Statistical Analysis of Endosseous Implants in the Atrophic Maxilla Meeting of American Academy of Implant Dentistry / R. Borgner. Atlanta, 1995.
60. Chanavaz M. Maxillary Sinus anatomy, physiology, surgery and bone grafting related to implantology. Eleven years Surgical experience / M. Chanavaz // *J. Oral Impl.* 1990. - Vol. 16. - P. 199–209.
61. Becker W., Becker B.E., Caffesse R. (1994) A comparison of demineralized freeze-dried bone and autologous bone to induce bone formation in human extraction sockets. *Journal of Periodontology* 65: 1128–1133.
62. Becker W., Urist M.R., Tucker L.M., Becker B.E., Ochsenbein C. (1995) Human demineralized freeze-dried bone: inadequate induced bone formation in athymic mice. A preliminary report. *Journal of Periodontology* 66: 822–828.
63. Bereiter H., Melcher G.A., Gautier E., Huggler A.H. (1991) Erfahrungen mit Bio-Oss, einem bovinen Apatit, bei verschiedenen klinischen Indikationsbereichen. In: Huggler A.H., Kuner E.H., eds. *Aktueller Stand beim Knochenersatz*, 117–126. Hefte zur Unfallheilkunde. Springer: Berlin.
64. Berglundh T., Lindhe J. (1997) Healing around implants placed in bone defects treated with Bio-Oss A. An experimental study in the dog. *Clinical Oral Implants Research* 8: 117–124.
65. Boyne P.J., James R.A. (1980) Grafting of the maxillary sinus floor with autogenous marrow and bone. *Journal of Oral Surgery* 38: 613–616.
66. Boyne P.J. (1993) Analysis of performance of root-form endosseous implants placed in the maxillary sinus. *Journal of Long-Term Effects of Medical Implants* 3: 143–159.
67. Burchardt H. (1987) Biology of bone transplantation. *Orthopedic Clinics of North America* 18: 187–196.
68. Yildirim M., Spiekermann H., Biesterfeld S., Edelhoff D. Maxillary sinus augmentation using xenogenic bone substitute material Bio-Oss in combination with venous blood. A histologic and histomorphometric study in humans. *Clin Oral Impl Res* 2000; 11: 217–229. Munksgaard 2000.
69. Giuseppe Grasso, Stefano Mummolo, Sara Bernardi, Davide Pietropaoli, Giuseppe D'Ambrosio, Giovanna Iezzi, Adriano Piattelli, Serena Bianchi and Enrico Marchetti. Histological and Histomorphometric Evaluation of New Bone Formation after Maxillary Sinus Augmentation with Two Different Osteoconductive Materials: A Randomized, Parallel, Double-Blind Clinical Trial. *Materials* 2020, 13, 5520.
70. Joseph Bassil, Nada Naaman, Raed Lattouf, Cynthia Kassis, Sylvie Changotade, Brigitte Baroukh, Karim Senni, Gaston Godeau. Clinical, Histological and Histomorphometrical Analysis of Maxillary Sinus Augmentation Using Inorganic Bovine in Humans: Preliminary Results. *Journal of Oral Implantology*. 2013, 73–80.

Bone plastic materials and methods of their use (review)

Astapenko O. Yemelianov S.

Bogomolets National Medical University

Relevance. In case of bone deficiency or defect in the area of subsequent implantation, it is rational to perform bone grafting. There are various techniques for bone grafting operations that differ in incisions, volumes, materials, and methods of their use during surgery. When using bone grafting materials, different substrates are used for their mixing.

The purpose of the work is to provide a structured understanding of the current state of development of bone grafting on the example of studies related to operations using bone grafting materials and substances for their mixing (substrates); to identify areas that have not been paid attention to.

Conclusions:

1. Currently, the issue of choosing a substrate for kneading osteoplastic materials has not been sufficiently studied.
2. There is a need to conduct a study comparing different substrates for kneading bone tissue.
3. It is necessary to create scientifically based guidance on the use of different substrates for different clinical cases.

Key words: bone grafting, bone grafting materials, implantation.

Астапенко Олена Олександрівна – доктор медичних наук, професор, професор кафедри хірургічної стоматології та щелепно-лицьової хірургії НМУ ім. О.О. Богомольця +380673270704; astapen@ukr.net ; <https://orcid.org/0000-0002-2168-9439>

Ємельянов Сергій Дмитрович – лікар-інтерн кафедри стоматології ІПО НМУ ім. О.О. Богомольця +380990175250; emali:anovsergo@gmail.com

Стаття: надійшла до редакції 13.05.2024р.-прийнята до друку 12.06.2024р.