https://doi.org/10.17116/hirurgia2017769-72

Реконструкция посттравматических и постоперационных дефектов нижней челюсти

Акад. РАН, д.м.н., проф. Г.П. КОТЕЛЬНИКОВ, д.м.н., проф. А.В. КОЛСАНОВ, А.Е. ЩЕРБОВСКИХ, к.м.н. А.Н. НИКОЛАЕНКО*, С.А. ПРИХОДЬКО, к.м.н. Н.В. ПОПОВ, М.А. ХАССАН

ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава РФ, Самара, Россия

Ключевые слова: реконструкция, дефекты нижней челюсти, хирургическое лечение.

Reconstruction of posttraumatic and postoperative defects of lower jaw

G.P. KOTELNIKOV, A.V. KOLSANOV, A.E. SHCHERBOVSKIKH, A.N. NIKOLAENKO, S.A. PRIKHOD'KO, N.V. POPOV, M.A. KHASSAN

Samara State Medical University, Health Ministry of the Russian Federation, Samara, Russia

Keywords: reconstruction, defects of lower jaw, surgical treatment.

Одной из наиболее актуальных в реконструкции дефектов нижней челюсти является проблема восстановления ее анатомического оптимума и функциональной целостности [1]. Дефекты нижней челюсти могут быть вызваны травмой, дисплазией тканей, атрофией, постлучевым некрозом, доброкачественным или злокачественным новообразованием [2—5].

В современной медицине для реконструкции нижней челюсти широко используют реконструктивные пластины, васкуляризированные и неваскуляризированные аутологичные костные трансплантаты, дистракционные методы костной пластики. Однако проблема выбора оптимального метода восстановления нижней челюсти все еще остается актуальной [6—11].

Трансплантаты на основе аутологичной костной ткани признаны «золотым стандартом» костной пластики в связи с их высокой биологической совместимостью, остеоиндуктивным и остеокондуктивным потенциалами [12]. В настоящее время забор аутогенных костных трансплантатов в челюстно-лицевой хирургии производится как из внутриротовых, так и из внеротовых оперативных доступов, последние применяют в случае замещения значительных объемов дефектов нижней челюсти. Традиционно в качестве донорских зон при восстановлении непрерывности нижней челюсти используют лопаточную и малоберцовую кости, ребро, гребень подвздошной кости.

Трансплантаты на основе малоберцовой кости имеют ряд преимуществ: достаточную длину, облегчающую проведение многочисленных остеотомий для их адаптации; оптимальную высоту и ширину костной ткани, которые необходимы для дальнейшей реабилитации пациента с использованием дентальных имплантатов; низкий процент осложнений и удобное расположение донорской зоны для забора материала; хорошую васкуляризацию [13].

Неваскуляризированные костные трансплантаты широко применяют при отсроченных реконструкциях мелких посттравматических дефектов, обеспечивая основу для «ползучей» регенерации костной ткани.

Сегментарные дефекты нижней челюсти имеют различную длину. Более мелкие дефекты (менее 6 см) со здоровыми прилегающими мягкими тканями часто восстанавливаются с помощью костного трансплантата, полученного из гребня подвздошной кости. Использование трансплантата из этой зоны обеспечивает достаточный объем костной ткани для остеоинтеграции дентальных имплантатов [14, 15].

Тем не менее свободные неваскуляризированные трансплантаты имеют ряд таких недостатков, как низкая интенсивность регенерации, замедленная интеграция с окружающими тканями, увеличение риска инфицирования и резорбция костной ткани [16, 17].

Появление микрососудистой хирургии позволило совершить революцию при реконструкции дефектов нижней челюсти, особенно после применения лучевой терапии [18]. Васкуляризированные костные трансплантаты за счет наличия кровоснабжения имеют значительное биологическое преимущество, которое сокращает сроки их интеграции. Результаты применения васкуляризированных малоберцовых трансплантатов оказались заметно лучше неваскуляризированных вариантов, в том числе и реконструктивных пластин с костными трансплантатами при восстановлении дефектов нижней челюсти длиной

© Коллектив авторов, 2017

*e-mail: nikolaenko.83@inbox.ru

более 6 см, распространяющихся на подбородочную область [19, 20]. Сравнение эффективности применения неваскуляризированных и васкуляризированных костных трансплантатов показало превосходство последних (успех в 69% против 96%) [19], а также доказало улучшение функциональных и эстетических параметров лица [26]. Оптимальными зонами для забора васкуляризированных трансплантатов являются малоберцовые кости, кости предплечья, лопатка и гребень подвздошной кости [27—30], однако малоберцовый трансплантат наиболее популярен при реконструкции нижней челюсти. Тем не менее его забор является одной из сложных процедур в челюстно-лицевой хирургии. По этой причине неваскуляризированные трансплантаты могут быть разумной альтернативой в некоторых ситуациях, с учетом размера дефекта костных и мягких тканей [30, 31].

Одним из недостатков трансплантата малоберцовой кости является несоответствие высоты нативной нижней челюсти и пересаженной малоберцовой кости, особенно во фронтальном отделе внутрикостной части дентального имплантата, как он проходит между верхней частью. Для устранения одного из главных недостатков малоберцового трансплантата, а именно его сравнительно небольшого диаметра сечения, производят продольную остеотомию малоберцовой кости с формированием двух фрагментов. Данные фрагменты фиксируют внахлест по их длине вдоль нижнего контура нижней челюсти и альвеолярного отростка [32—36]. Эта методика позволяет получить больший объем костного трансплантата, что способствует стабильности будущих дентальных имплантатов [37]. При этом снижение высоты малоберцового трансплантата способствует уменьшению вертикального размера костной ткани для зубных имплантатов, что приводит к увеличению их крутящего момента и уменьшению площади контакта поверхности дентального имплантата с костной тканью. Этот незаполненный объем также может привести к потере высоты нижнего отдела лица [38—39]. По мере необходимости для улучшения эстетических параметров реконструктивного вмешательства используется модификация операции с расщепленным малоберцовым трансплантатом, заключающаяся в одномоментной немедленной дентальной имплантации [40—42].

По данным ряда авторов, восстановление эстетического оптимума лица не должно быть единственным стандартом для оценки результатов реконструкции нижней челюсти, во внимание должны быть приняты функциональные и рецепторные параметры воспринимающей зоны реципиента. Нижнеальвеолярный нерв имеет важное значение в иннервации тканей челюстно-лицевой области, что определяет важность его реконструкции. Реберный трансплантат хорошо зарекомендовал себя для этих целей при реконструкции нижней челюсти. На основании данных клинических исследований было выявлено несколько преимуществ этого трансплантата: легкость забора и инсталляции; наличие тонкой кожи лоскута, которая подходит для пластики слизистой оболочки полости рта; адекватное кровоснабжение лоскута для его выживания; оптимальное восстановление функциональных и рецептивных свойств реконструируемой нижней зоны лица [43]. Однако этот тип трансплантата имеет некоторые недостатки. Он ограничен длиной ребра, при этом трудно получить достаточный объем костной ткани для замещения значительного дефекта нижней челюсти. В отличие от этого малоберцовый трансплантат может достигать в длину 25 см, что достаточно для реконструкции значительных дефектов нижней челюсти. По сравнению с малоберцовым трансплантатом кортикальная пластинка ребра значительно тоньше и более хрупкая, что делает ее менее подходящей для последующей дентальной имплантации [44].

Одной из основных проблем при фиксации аутотрансплантатов с помощью пластин и винтов из материала Ti-6Al-4V являются экранирование и концентрация напряжения, вызванного разностью модулей эластичности костной ткани и фиксирующих устройств. Как правило, для иммобилизации трансплантатов используются остеофиксаторы, изготовленные из материала класса 5 (Ti-6Al-4V) [45—48]. Ti-6Al-4V — это наиболее распространенный сплав титана, поскольку он имеет уникальные характеристики: биосовместимость, пластичность, высокую прочность, легкий вес, износостойкость [45]. Так как эти остеофиксаторы часто остаются в зоне реконструкции нижней челюсти после интеграции трансплантатов с воспринимающим ложем, они могут в дальнейшем вызвать стресс экранирования и концентрацию напряжений [46—48]. Это может привести к резорбции костной ткани [49] и в последующем к дезинтеграции имплантата [50]. Доказано, что более равномерное распределение напряжений происходит вдоль нижней челюсти при использовании двух наложенных друг на друга фрагментов малоберцового трансплантата. Использование тонких фиксирующих пластин (толщиной от 1,5 до 1 мм) более перспективно, поскольку они обеспечивают пониженную нагрузку на малоберцовый трансплантат после окончания периода интеграции, обеспечивая достаточную иммобилизацию [51, 52].

Забор аутологичных костных трансплантатов часто бывает невозможен в связи с неблагоприятным прогнозом, технологическими трудностями, наличием противопоказаний. В таких ситуациях методом выбора реконструкции нижней челюсти могут быть реконструктивные пластины. Степень успеха их применения при реконструкции нижней челюсти увеличилась в результате достижений в области дизайна и применения новых материалов. Тем не менее частота осложнений, связанных с использованием реконструктивных пластин, в современной челюстно-лицевой хирургии довольно высока [52]. По данным одних исследователей, переломы пластины отмечаются примерно через 10 мес после ее инсталляции [51]. Другие исследования свидетельствуют о переломах большинства пластин в течение первых 6 мес после операции [48—50]. Установлено, что жевательное давление может способствовать воздействию вертикальных нагрузок на пластины, что приводит к резорбции костной ткани вокруг фиксирующих винтов [21]. В другом исследовании большинство осложнений развилось в местах, подверженных большему воздействию поперечных сил [25]. Кроме того, установка реконструктивной пластины может приводить к дистрофическим изменениям мелких сосудов в зоне пластики лица, снижая плотность их гладких мышц, утолщая поперечник сосуда в направлении эндотелиальной стенки, что в дальнейшем может стать причиной прогрессирующей окклюзии и фиброза сосуда [23].

Вопрос эффективности применения костных трансплантатов в сочетании с реконструктивной пластиной для восстановления дефектов нижней челюсти остается спорным. Некоторые авторы сообщают об отсутствии статистической значимости в различии [22], в то время как другие обнаружили более высокую частоту переломов пластины после операций без одновременного применения

костных трансплантатов [24]. В этом исследовании наблюдалась тенденция к снижению риска перелома пластины у пациентов, которым проводили костную пластику. Такой результат также не был статистически значимым и не было выявлено никаких существенных различий в выживаемости пластины в зависимости от возраста, пола и размера дефекта.

Компьютерное виртуальное планирование реконструкций дефектов нижней челюсти с костными трансплантатами и использование режущих направляющих при резекции, осуществляемых с помощью системы автоматизированного проектирования и автоматизированного производства (CAD/CAM), завоевали популярность в последние годы и в настоящее время все чаще используются в рутинной клинической практике [6, 24].

Применение этих технологий позволяет изменять формирование углов отверстий для винтов в пластине и костном ложе (более 15°), особенно при инсталляции в области ветви нижней челюсти в каудальном направлении. Такая угловая фиксация может способствовать увеличению первичной устойчивости винтов внутри кости, уменьшению их количества и таким образом улучшению стабильности всей системы, состоящей из костной ткани, винтов и пластины [22]. В связи с этим использование технологий CAD/CAM является перспективным направлением в реконструкции нижней челюсти [6, 24].

Таким образом, проблема реконструкции дефектов нижней челюсти остается актуальной. По нашему мнению, дальнейшие исследования будут направлены на разработку новых методов костной пластики послерезекционных дефектов нижней челюсти и выявление дополнительных факторов, участвующих в долгосрочных показателях выживаемости трансплантата при использовании различных алгоритмов реконструкции.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Omeje K, Efunkoya A, Amole I, Akhiwu B, Osunde D. A two-year audit of non-vascularized iliac crest bone graft for mandibular reconstruction: technique, experience and challenges. *Journal of the Korean Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*. 2014;40(6):272. https://doi.org/10.5125/jkaoms.2014.40.6.272
2. Torroni A, Marianetti T, Romandini M, Gasparini G, Cervelli D, Pelo S. Mandibular Reconstruction With Different Techniques. *Journal of Craniofacial Surgery*. 2015;26(3):885-890. https://doi.org/10.1097/scs.0000000000001411
3. Goh B, Lee S, Tideman H, Stoelinga P. Mandibular reconstruction in adults: a review. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2008;37(7):597-605. https://doi.org/10.1016/j.ijom.2008.03.002
4. Pirgousis P, Eberle N, Fernandes R. Reoperative Mandibular Reconstruction. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*. 2011;23(1):153-160. https://doi.org/10.1016/j.coms.2010.11.001
5. Maurer P, Eckert A, Kriwalsky M, Schubert J. Scope and limitations of methods of mandibular reconstruction: a long-term follow-up. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2010;48(2):100-104. https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2009.07.005
6. Wilde F, Hanken H, Probst F, Schramm A, Heiland M, Cornelius C. Multicenter study on the use of patient-specific CAD/CAM reconstruction plates for mandibular reconstruction. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*. 2015;10(12):2035-2051. https://doi.org/10.1007/s11548-015-1193-2
7. Mensink G, Verweij J, Gooris P, van Merkesteyn J. Bilateral sagittal split osteotomy in a mandible previously reconstructed with a non-vascularized bone graft. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2013;42(7):830-834. https://doi.org/10.1016/j.ijom.2013.01.019
8. Agrawal A, Mehrotra D, Mohammad S, Singh R, Kumar S, Pal U. Randomized control trial of non-vascularized fibular and iliac crest graft for mandibular reconstruction. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*. 2012;2(2):90-96. https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2012.05.002
9. Modabber A, Möhlhenrich S, Ayoub N, Hajji M, Raith S, Reich S, Steiner T, Ghassemi A, Hölzle F. Computer-Aided Mandibular Reconstruction With Vascularized Iliac Crest Bone Flap and Simultaneous Implant Surgery. *Journal of Oral Implantology*. 2015;41(5):189-194. https://doi.org/10.1563/aaid-joi-d-13-00341
10. Modabber A, Ayoub N, Goloborodko E, Loberg C, Lethaus B, Ghassemi A, Moehlhenrich S, Soenmez T, Hoelzle F, Ghassemi M. The accuracy of computer-assisted primary mandibular reconstruction with vascularized bone flaps: iliac crest bone flap versus osteomyocutaneous fibula flap. *Medical Devices: Evidence and Research*. 2014;211. https://doi.org/10.2147/mder.s62698
11. Chen S, Chen H, Horng S, Tai H, Hsieh J, Yeong E, Cheng N, Hsieh T, Chien H, Tang Y. Reconstruction for Osteoradionecrosis of the Mandible. *Annals of Plastic Surgery*. 2014;1. https://doi.org/10.1097/sap.0000000000000270
12. Piattelli A, Podda G, Scarano A. Clinical and histological results in alveolar ridge enlargement using coralline calcium carbonate. *Biomaterials*. 1997;18(8):623-627. https://doi.org/10.1016/s0142-9612(96)00158-5
13. Wong C, Tan B, Wei F, Song C. Use of the Soleus Musculocutaneous Perforator for Skin Paddle Salvage of the Fibula Osteoseptocutaneous Flap: Anatomical Study and Clinical Confirmation. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 2007;120(6):1576-1584. https://doi.org/10.1097/01.prs.0000282076.31445.b4
14. Dinh P, Hutchinson B, Zalavras C, Stevanovic M. Reconstruction of Osteomyelitis Defects. *Seminars in Plastic Surgery*. 2009;23(02):108-118. https://doi.org/10.1055/s-0029-1214163
15. Foster R, Anthony J, Sharma A, Pogrel M. Vascularized bone flaps versus nonvascularized bone grafts for mandibular reconstruction: An outcome analysis of primary bony union and endosseous implant success. *Head & Neck*. 1999;21(1):66-71. https://doi.org/10.1002/(sici)1097-0347(199901)21:1<66::aid-hed9>3.3.co;2-q
16. Pogrel M, Podlesh S, Anthony J, Alexander J. A comparison of vascularized and nonvascularized bone grafts for reconstruction of mandibular continuity defects. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 1997;55(11):1200-1206. https://doi.org/10.1016/s0278-2391(97)90165-8
17. Chim H, Salgado C, Mardini S, Chen H. Reconstruction of Mandibular Defects. *Seminars in Plastic Surgery*. 2010;24(02):188-197. https://doi.org/10.1055/s-0030-1255336
18. King T, Gallas M, Robb G, Lalani Z, Miller M. Aesthetic and Functional Outcomes Using Osseous or Soft-Tissue Free Flaps. *Journal of Reconstructive Microsurgery*. 2002;18(5):365-372. https://doi.org/10.1055/s-2002-33017
19. Taylor I, Townsend P, Corlett R. Superiority of the Deep Circumflex Iliac Vessels as the Supply for Free Groin Flaps. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 1997;64(5):595-604. https://doi.org/10.1097/00006534-197964050-00001
20. Soutar D, Scheker L, Tanner N, McGregor I. The radial forearm flap: a versatile method for intra-oral reconstruction. *British Journal of Plastic Surgery*. 1983;36(1):1-8. https://doi.org/10.1016/0007-1226(83)90002-4

21. Swartz W, Banis J, Newton E, Ramasastry S, Jones N, Acland R. The Osteocutaneous Scapular Flap for Mandibular and Maxillary Reconstruction. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 1986;77(4):530-545. https://doi.org/10.1097/00006534-198604000-00003
22. Van Gemert J, Van Es R, Van Cann E, Koole R. Nonvascularized Bone Grafts for Segmental Reconstruction of the Mandible-A Reappraisal. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2009;67(7):1446-1452. https://doi.org/10.1016/j.joms.2008.12.052
23. Gadre P, Ramanojam S, Patankar A, Gadre K. Nonvascularized Bone Grafting for Mandibular Reconstruction. *Journal of Craniofacial Surgery*. 2011;22(5):1727-1735. https://doi.org/10.1097/scs.0b013e31822e633b
24. Shen Y, Guo X, Sun J, Li J, Shi J, Huang W, Ow A. Double-barrel vascularised fibula graft in mandibular reconstruction: A 10-year experience with an algorithm. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*. 2013;66(3):364-371. https://doi.org/10.1016/j.bjps.2012.10.005
25. Kunchur M, Dean C, Liang M, Moghaddam N, Guarino A, Nigro A, Grimaldi G, Leo A. Depairing current density of Nd2−xCexCuO4−δ superconducting films. *Physica C: Superconductivity*. 2013;495:66-68. https://doi.org/10.1016/j.physc.2013.08.005
26. He Y, Zhang Z, Zhu H, Wu Y, Fu H. Double-Barrel Fibula Vascularized Free Flap With Dental Rehabilitation for Mandibular Reconstruction. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2011;69(10):2663-2669. https://doi.org/10.1016/j.joms.2011.02.051
27. Raad B, Shayesteh Moghaddam N, Elahinia M. A numerical simulation of the effect of using porous superelastic Nitinol and stiff Titanium fixation hardware on the bone remodeling. *Nanosensors, Biosensors, and Info-Tech Sensors and Systems*. 2016. https://doi.org/10.1117/12.2222075
28. Rahmani M, Ahmadi M, Webb J, Shayesteh N, Mousavi S, Sadeghi H, Ismail R. Trilayer graphene nanoribbon carrier statistics in degenerate and non degenerate limits. 2012. https://doi.org/10.1063/1.4769000
29. Kunchur M, Dean C, Moghadam N, Knight J, He Q, Liu H, Wang J, Lortz R, Sou I, Gurevich A. Current-induced depairing in theBi2Te3/FeTeinterfacial superconductor. *Physical Review B*. 2015;92(9). https://doi.org/10.1103/physrevb.92.094502
30. Fitton L, Shi J, Fagan M, O'Higgins P. Masticatory loadings and cranial deformation in Macaca fascicularis: a finite element analysis sensitivity study. *Journal of Anatomy*. 2012;221(1):55-68. https://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2012.01516.x
31. Chang Y, Wallace C, Hsu Y, Shen Y, Tsai C, Wei F. Outcome of Osseointegrated Dental Implants in Double-Barrel and Vertically Distracted Fibula Osteoseptocutaneous Free Flaps for Segmental Mandibular Defect Reconstruction. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 2014;134(5):1033-1043. https://doi.org/10.1097/prs.0000000000000623
32. Levine J, Bae J, Soares M, Brecht L, Saadeh P, Ceradini D, Hirsch D. Jaw in a Day. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 2013;131(6):1386-1391. https://doi.org/10.1097/prs.0b013e31828bd8d0
33. Trignano E, Fallico N, Nitto A, Chen H. The treatment of composite defect of bone and soft tissues with a combined latissimus dorsi and serratus anterior and RIB free flap. *Microsurgery*. 2013;33(3):173-183. https://doi.org/10.1002/micr.22067
34. Zhang B, Li K, Jiang L, Meng Z, Wang X, Cui F, Zhu Y, Wu Y. Rib Composite Flap With Intercostal Nerve and Internal Thoracic Vessels for Mandibular Reconstruction. *Journal of Craniofacial Surgery*. 2016;27(7):1815-1818. https://doi.org/10.1097/scs.0000000000003060
35. Nasr Esfahani S, Taheri Andani M, Shayesteh Moghaddam N, Mirzaeifar R, Elahinia M. Independent tuning of stiffness and toughness of additively manufactured titanium-polymer composites: Simulation, fabrication, and experimental studies. *Journal of Materials Processing Technology*. 2016;238:22-29. https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2016.06.035
36. Moghaddam N, Elahinia M, Miller M, Dean D. Enhancement of Bone Implants by Substituting Nitinol for Titanium (Ti-6Al-4V): A Modeling Comparison. *Volume 1: Development and Characterization of Multifunctional Materials; Modeling, Simulation and Control of Adaptive Systems; Structural Health Monitoring; Keynote Presentation*. 2014. https://doi.org/10.1115/smasis2014-7648
37. Rahmanian R, Shayesteh Moghaddam N, Haberland C, Dean D, Miller M, Elahinia M. Load bearing and stiffness tailored NiTi implants produced by additive manufacturing: a simulation study. *Behavior and Mechanics of Multifunctional Materials and Composites*. 2014. https://doi.org/10.1117/12.2048948
38. Moghaddam N, Skoracki R, Miller M, Elahinia M, Dean D. Three Dimensional Printing of Stiffness-tuned, Nitinol Skeletal Fixation Hardware with an Example of Mandibular Segmental Defect Repair. *Procedia CIRP*. 2016;49:45-50. https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.07.027
39. Klotch D, Gal T, Gal R. Assessment of plate use for mandibular reconstruction: Has changing technology made a difference. *Otolaryngology — Head and Neck Surgery*. 1999;121(4):388-392. https://doi.org/10.1016/s0194-5998(99)70226-3
40. Gellrich N, Suarez-Cunqueiro M, Otero-Cepeda X, Schön R, Schmelzeisen R, Gutwald R. Comparative study of locking plates in mandibular reconstruction after ablative tumor surgery: THORP versus UniLOCK system. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2004;62(2):186-193. https://doi.org/10.1016/j.joms.2003.04.012
41. Katakura A, Shibahara T, Noma H, Yoshinari M. Material analysis of AO plate fracture cases. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2004;62(3):348-352. https://doi.org/10.1016/j.joms.2003.05.009
42. Lindqvist C, Söderholm A, Salo A, Subasinghe J, Ylijoki S, Skutnabb K, Hallikainen D. A comparative study on four screw-plate locking systems in sheep: a clinical and radiological study. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2001;30(2):160-166. https://doi.org/10.1054/ijom.2000.0037
43. Kimura A, Nagasao T, Kaneko T, Tamaki T, Miyamoto J, Nakajima T. Adaquate fixation of plates for stability during mandibular reconstruction. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. 2006:434(4):193-200. https://doi.org/10.1016/j.jcms.2006.01.003
44. Ariasgallo J, Maremonti P, Gonzalezotero T, Gomezgarcia E, Burguenogarcia M, Chamorropons M, Martorellmartinez V. Long term results of reconstruction plates in lateral mandibular defectsRevision of nine cases. *Auris Nasus Larynx*. 2004;31(1):57-63. https://doi.org/10.1016/j.anl.2003.09.006
45. Head C. Microvascular flap reconstruction of the mandible: a comparison of bone grafts and bridging plates for restoration of mandibular continuity. *Otolaryngology — Head and Neck Surgery*. 2003;129(1):48-54. https://doi.org/10.1016/s0194-5998(03)00480-7
46. Shibahara T, Noma H, Furuya Y, Takaki R. Fracture of mandibular reconstruction plates used after tumor resection. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2002;60(2):182-185. https://doi.org/10.1053/joms.2002.29817
47. Markiewicz M, Bell R. The Use of 3D Imaging Tools in Facial Plastic Surgery. *Facial Plastic Surgery Clinics of North America*. 2011;19(4):655-682. https://doi.org/10.1016/j.fsc.2011.07.009
48. Haddock N, Monaco C, Weimer K, Hirsch D, Levine J, Saadeh P. Increasing Bony Contact and Overlap With Computer-Designed Offset Cuts in Free Fibula Mandible Reconstruction. *Journal of Craniofacial Surgery*. 2012;23(6):1592-1595. https://doi.org/10.1097/scs.0b013e318257576c
49. Levine J, Patel A, Saadeh P, Hirsch D. Computer-Aided Design and Manufacturing in Craniomaxillofacial Surgery. *Journal of Craniofacial Surgery*. 2012;23(1):288-293. https://doi.org/10.1097/scs.0b013e318241ba92
50. Roser S, Ramachandra S, Blair H, Grist W, Carlson G, Christensen A, Weimer K, Steed M. The Accuracy of Virtual Surgical Planning in Free Fibula Mandibular Reconstruction: Comparison of Planned and Final Results. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2010;68(11):2824-2832. https://doi.org/10.1016/j.joms.2010.06.177
51. Shah A, Behrents R, Kim K, Kyung H, Buschang P. Effects of screw and host factors on insertion torque and pullout strength. *The Angle Orthodontist*. 2012;82(4):603-610. https://doi.org/10.2319/070111-427.1
52. Seol G, Jeon E, Lee J, Choi S, Kim J, Kwon T, Paeng J. Reconstruction plates used in the surgery for mandibular discontinuity defect. *Journal of the Korean Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*. 2014;40(6):266. https://doi.org/10.5125/jkaoms.2014.40.6.266