

DOI: 10.37988/1811-153X_2023_1_126

Г.Г. Мазишвили¹,

аспирант кафедры челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии

[Н.А. Гусейнов¹](#),

аспирант кафедры челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии

Т. Хаддад¹,

учебный мастер кафедры челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии

[А.М. Гусаров²](#),

к.м.н., доцент кафедры челюстно-лицевой хирургии

[Р.Ф. Мухаметшин¹](#),

к.м.н., ассистент кафедры челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии

[Н.Л. Лежава¹](#),

к.м.н., ассистент кафедры челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии

[С.Ю. Иванов^{1,2}](#),

д.м.н., профессор, член-корр. РАН, зав. кафедрой челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии; зав. кафедрой челюстно-лицевой хирургии

¹ РУДН, 117198, Москва, Россия² Первый МГМУ им. И.М. Сеченова, 119991, Москва, Россия

Разработка и математический сравнительный анализ ортодонтической якорной мини-пластины и мини-винтов

Реферат. Применение ортодонтических мини-винтов возможно в амбулаторных условиях, так как данная процедура не требует специальной дополнительной подготовки и инструментария. Применение мини-винтов в качестве скелетной опоры — один из незаменимых инструментов для дистализации зубов. Однако при их использовании могут возникнуть дезинтеграция мини-винта, перфорация гайморовой пазухи и т.д. В клинической практике все чаще применяются ортодонтические мини-пластины, которые в некоторых случаях нивелируют недостатки мини-винтов. **Цель** — разработка и обоснование применения ортодонтических мини-пластин как альтернативы мини-винтам при ортодонтическом лечении. **Материалы и методы.** Разработана виртуальная модель титановой пластины и мини-винта, проведены математическое моделирование и сравнительный анализ. Изготовление самой пластины проводилось методом 3D-печати титаном марки ВТ6. Построение изделия происходит в аргонной среде для предотвращения произвольного возгорания и сохранения технологических свойств титана. Изготовленные изделия помещаются в камеру термической обработки, в которой снимаются внутренние напряжения кристаллической решетки титана, что дает дополнительную гарантию прочности изделий. **Результаты.** Во время нагрузки обеих моделей ортодонтической силой 2,5 и 5,0 Н деформации самих конструкций не происходило. Согласно расчетам, это значение составило 0,019 мм для ортодонтического мини-винта и 0,017 мм для пластины при нагрузке 2,5 Н, а также 0,039 и 0,035 мм при нагрузке 5 Н соответственно. С клинической точки зрения эти значения незначимы. **Заключение.** Расчеты продемонстрировали, что оба вида ортодонтической скелетной опоры эффективны с точки зрения выполнения ими опорной функции для ортодонтической аппаратуры при нагрузках в пределах 5 Н (500 г). С клинической точки зрения при достаточном объеме костной ткани предпочтение стоит отдавать ортодонтическому мини-винту, так как его установка менее травматична для пациента. При недостаточном объеме кости для ортодонтического мини-винта эффективной опоры можно добиться с использованием мини-пластины, фиксированной микровинтами.

Ключевые слова: скелетная опора, ортодонтический мини-винт, якорная мини-пластина, дезинтеграция мини-винта

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Мазишвили Г.Г., Гусейнов Н.А., Хаддад Т., Гусаров А.М., Мухаметшин Р.Ф., Лежава Н.Л., Иванов С.Ю. Разработка и математический сравнительный анализ ортодонтической якорной мини-пластины и мини-винтов. — *Клиническая стоматология*. — 2023; 26 (1): 126—131. DOI: 10.37988/1811-153X_2023_1_126

[G.G. Maziashvili¹](#),

postgraduate at the Oral and maxillofacial surgery Department

[N.A. Guseynov¹](#),

postgraduate at the Oral and maxillofacial surgery Department

[T. Haddad¹](#),

training master of the Oral and maxillofacial surgery Department

[A.M. Gusarov²](#),

PhD in Medical Sciences, associate professor of the Maxillofacial surgery Department

Development and mathematical comparative analysis of orthodontic anchor mini-plate and mini-screws

Abstract. The use of orthodontic miniscrews is possible on an outpatient basis, since this procedure does not require any special additional preparation or instrumentation. The use of mini screws as a skeletal support is one of the indispensable instruments for tooth distalization. However, disintegration of the miniscrew, perforation of the maxillary sinus, etc. can occur when using them. In clinical practice, orthodontic miniplates are increasingly being used, which in some cases level out the disadvantages of miniscrews. **The objective** was to develop and substantiate the use of orthodontic miniplates as an alternative to mini screws in orthodontic treatment. **Materials and methods.** A virtual model of a titanium plate and a mini-screw was developed, and mathematical modeling and comparative analysis were performed. The plate itself was made by 3D printing with

R.F. Mukhametshin¹,

PhD in Medical Sciences, assistant professor of Oral and maxillofacial surgery Department

N.L. Lezhava¹,

PhD in Medical Sciences, assistant professor of the Oral and maxillofacial surgery Department

S.Yu. Ivanov^{1,2},

Associate Member of the Russian Academy of Sciences, PhD in Medical Sciences, full professor of the Oral and maxillofacial surgery Department; full professor of the Maxillofacial surgery Department

¹ RUDN University, 117198, Moscow, Russia

² Sechenov University, 119991, Moscow, Russia

VT6 titanium. The product is built in argon environment to prevent arbitrary ignition and preserve technological properties of titanium. Manufactured products are placed in the heat treatment chamber, where internal stresses of the titanium crystal lattice are removed, which gives an additional guarantee for the durability of the products. **Results.** During loading of both models with orthodontic force of 2.5 and 5.0 N, there was no deformation of the designs themselves. According to calculations, this value was 0.019 mm for the orthodontic mini screw and 0.017 mm for the plate when loaded with 2.5 N, and 0.039 and 0.035 mm when loaded with 5 N, respectively. From a clinical point of view, these values are insignificant. **Conclusion.** The calculations demonstrated that both types of orthodontic skeletal support were effective in terms of their support function for orthodontic appliance under loads within 5 N (500 g). From a clinical point of view, if there is sufficient bone volume, the orthodontic mini screw should be preferred because its installation is less traumatic for the patient. If there is insufficient bone volume for an orthodontic mini screw, effective support can be achieved using a micro-screw-fixed mini plate.

Key words: skeletal support, orthodontic mini-screw, anchor mini-plate, mini-screw disintegration

FOR CITATION:

Maziashvili G.G., Guseynov N.A., Haddad T., Gusarov A.M., Mukhametshin R.F., Lezhava N.L., Ivanov S. Yu. Development and mathematical comparative analysis of orthodontic anchor mini-plate and mini-screws. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2023; 26 (1): 126—131 (In Russ.). DOI: 10.37988/1811-153X_2023_1_126

ВВЕДЕНИЕ

В своей клинической практике большинство докторов использует ортодонтические мини-винты [1–5]. Однако данный метод имеет ряд недостатков: излишняя шероховатость на резьбе у не до конца закрученных мини-винтов (образование биопленки и/или инфицированного налета), трудоемкость фиксации в некоторых областях (скулоальвеолярный гребень), а также дезинтеграция некорректно установленного мини-винта [6]. Ортодонтическая скелетная опора — один из важных элементов для достижения хороших результатов лечения. Стабильная скелетная опора — обязательное условие для ортодонтического лечения несъемными аппаратами [7, 8].

Дентальные имплантаты, мини-пластины и мини-винты — отличные методы ортодонтической скелетной опоры. Данные инструменты обеспечивают стабильную опору при разных ортодонтических перемещениях зубов [9, 10]. Дентальные имплантаты имеют высокие интегративные показатели (высокий торк) и могут быть скелетной опорой при ортодонтическом лечении [11–13]. Jenner и Fitzpatrick впервые сообщили об использовании мини-пластин для ортодонтической опоры в 1985 г. [14]. В 1992 г. Umehori с соавт. использовали мини-пластины на нижней и верхней челюстях при лечении зубочелюстных аномалий [15]. Мини-пластины для ортодонтической скелетной опоры также применяют у пациентов для дистализации моляров. Кроме того, в 1997 г. Kanomi впервые описал временную установку мини-винта для ортодонтической опоры [16]. На сегодняшний день конструкция мини-винтов и мини-пластин модифицирована [17–21].

Дистализация зубов верхней челюсти проводится при различных формах зубочелюстных аномалий. Альтернативой внеротовым ортодонтическим опорам является скелетная: внутри- и на костная [22–28].

Задача представленного математического эксперимента заключалась в сравнении напряжений, возникающих вокруг различных видов скелетных ортодонтических опор: внутрикостной — ортодонтического мини-винта и на костной — мини-пластины, фиксируемой тремя микровинтами. В клинической практике ортодонтический мини-винт используется при достаточном объеме кости в области планируемой установки. Однако при пневматическом типе верхнечелюстного синуса толщины костной ткани в области переднебоковой стенки и скулоальвеолярного гребня может быть недостаточно для установки ортодонтического мини-винта. В таком случае применяют на костные мини-пластины, которые фиксируют тремя более короткими микровинтами. Опорная функция указанных конструкций может отличаться, поэтому мы провели виртуальный эксперимент для сравнения устойчивости обеих конструкций к ортодонтической тяге различной силы.

Цели данной экспериментальной работы — создание отечественной мини-пластины, а также обоснование ее применения как альтернативы ортодонтическому мини-винту.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Виртуальную трехмерную модель пластины создавали в программе Autodesk Inventor. Пластины изготавливали прототипированием титаном марки VT6 («ИТК Эндопринт»), в соответствии с ГОСТ Р ИСО 5832-3-2014, имеющим Европейскую медицинскую сертификацию и российский сертификат соответствия № РОСС RU.ИМ41.Н01255.

Построение изделия происходит на аппарате трехмерной печати в аргоновой среде для предотвращения произвольного возгорания и сохранения технологических свойств титана. Изготовленные изделия помещаются в камеру термической обработки, в которой

снимаются внутренние напряжения кристаллической решетки титана, давая дополнительную гарантию прочности изделий.

Был также рассмотрен вариант изготовления пластины методом фрезерования, однако данный метод делал использование в 3D-модели округлых форм и изгибов слишком затратным, так как пластину приходилось выпиливать из довольно массивной по сравнению с финишным продуктом заготовки.

Был разработан проект пластины, который должен был идеально фиксироваться в области скулоальвеолярного гребня, а рабочая часть, к которой должна была прилагаться ортодонтическая тяга, располагалась в позиции, удобной и для врача (возможность задавать несколько векторов силы), и для пациента (отсутствие избыточного выпирания к мягким тканям). Форма рабочей части была выбрана овальной, удлинненной по направлению приложения силы, что значительно снижает риск случайного сбрасывания эластической тяги при чистке зубов и приеме пищи, а также облегчает установку тяги врачом-ортодонтом. В проекте пластины над рабочей частью предусмотрено квадратное отверстие. Оно служит еще одним местом опоры ортодонтических тяг и деталей при необходимости дальнейшей интрузии жевательной группы зубов для выравнивания выраженной кривой Шпее.

Математическое моделирование физических параметров отечественной мини-пластины и мини-винта. Описание трехмерных математических моделей

Для виртуального эксперимента были созданы 2 трехмерные расчетные модели, каждая включала одинаковый фрагмент верхней челюсти со скулоальвеолярным гребнем. В первом варианте в кость был установлен ортодонтический мини-винт, во втором варианте — мини-пластина, фиксированная микровинтами (рис. 1, 2).

Модель челюсти была построена на основе DICOM-файлов в программе ViSurgery (Россия, Сколково)

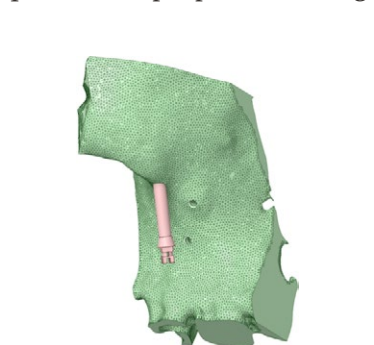


Рис. 1. 3D-модель фрагмента верхней челюсти (зеленый) с установленным в области скулоальвеолярного гребня ортодонтическим мини-имплантом (розовый)
Fig. 1. 3D model of a fragment of the upper jaw (green) with an orthodontic mini-implant installed in the area of the zygomatic-alveolar ridge (pink)

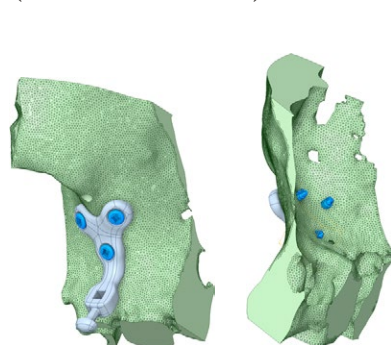


Рис. 2. 3D-модель фрагмента верхней челюсти (зеленый) с конгруэнтной мини-пластиной (серый), фиксированной тремя микровинтами (синий): вид спереди и изнутри, со стороны верхнечелюстного синуса
Fig. 2. 3D model of a maxillary fragment (green) with a congruent miniplate (grey) fixed with three micro screws (blue): View from the front and from the inside, from the side of the maxillary sinus

и сохранена в виде STL-файла [28]. Модели ортодонтического мини-винта, ортодонтической пластины и микровинтов построены в SpaceClame. Там же проведены коррекция геометрических параметров и сборка обеих моделей. Подготовка к расчетам нагрузок на обе модели и сами расчеты выполнены в программном комплексе Ansys.

Модель челюсти состояла из 1 522 132 конечного элемента: ортодонтический мини-винт — из 51 437, пластина из 166 221, каждый микровинт — из 11 314.

В первой модели ортодонтический винт погружали в челюсть резьбовой частью на 10 мм. Усилие его затяжки было 50 Н/см. Во второй модели пластина конгруэнтно касалась поверхности челюсти и прижималась к ней микровинтами. Микровинты имели длину 5 мм, из них только 2—3 мм находились в кости, верхушки выведены за пределами костной ткани. Это объясняется тем, что толщина кости в данной области, как правило, не превышает 2—3 мм [29, 30].

При построении расчетной сетки в обеих моделях размер конечных элементов составил 0,25 мм, всех контактных поверхностей — 0,2 мм. Контактные поверхности ортодонтический мини-винт—кость и микровинты—кость были конформными, т.е. общими для контактирующих тел с узлами конечных элементов, моделирующих неразрывную связь между данными деталями. Для моделирования взаимодействия головок микровинтов и пластины, а также для пластины с костью был выбран общий контактный алгоритм, позволяющий входить телам в контакт, размыкать его и проскальзывать с трением в процессе деформирования, вызванного внешними нагрузками. Коэффициент трения для этих поверхностей взаимодействия выбран 0,3. Таким образом, построенные модели учитывали геометрическую нелинейность поведения объектов исследования. Граничные условия одинаковы для обеих моделей — фиксация моделей по торцевым поверхностям (выделена фиолетовым на рис. 3, 4).

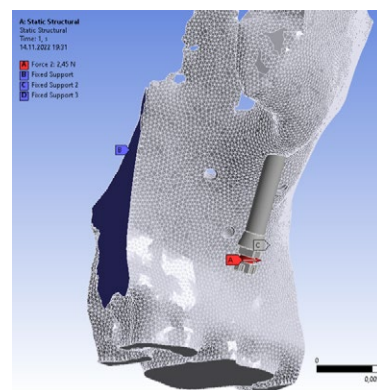


Рис. 3. Красной стрелкой указано направление действия ортодонтической силы, приложенной к головке винта, фиолетовым цветом — граничная поверхность слева
Fig. 3. The red arrow indicates the direction of the orthodontic force applied to the screw head. Violet color — boundary surface on the left

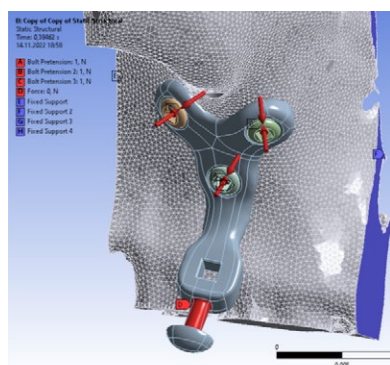


Рис. 4. Красными стрелками указана сила, действующая на головку микровинтов; буквой D обозначена ортодонтическая сила, приложенная к головке пластины; фиолетовым — границная поверхность справа
Fig. 4. The red arrows indicate the force acting on the head of the microscrews; letter D indicates the orthodontic force applied to the head of the plate; violet colour — boundary surface on the right

Непосредственная нагружающая сила была одинаковой для обеих моделей и составила 250 г (2,5 Н) для первого расчетного случая и 500 г (0,5 Н) для второго. В первой модели местом приложения силы был кольцевой вырез на головке винта, во второй модели — вырез на свободном конце пластины (см. рис. 3, 4).

В первом варианте с ортодонтическим мини-винтом моделировалась одноэтапная нагрузка на винт. Во втором варианте было два шага нагружения: первый — затяг маленьких винтов, которые крепят пластину к кости, и фиксация укороченных микровинтов, т.е. в них сохранялось постоянное усилие затяжки, просчитанное на первом шаге. Второй шаг — нагружение силой на шейку пластины.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В первой модели эквивалентное напряжение по Мизесу в костной ткани вокруг ортодонтического мини-винта под нагрузкой 2,5 Н в основном было в пределах

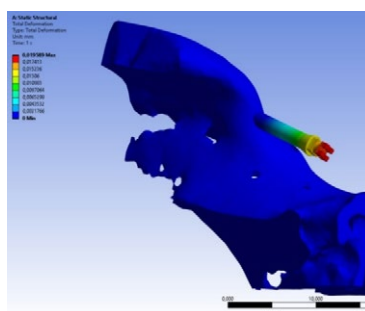


Рис. 5. Микродеформации в области головки ортодонтического винта при действии 2,5 Н составили 0,019 мм
Fig. 5. Microdeformations in the area of the head of the orthodontic screw under the action of 2,5 N amounted to 0.019 mm

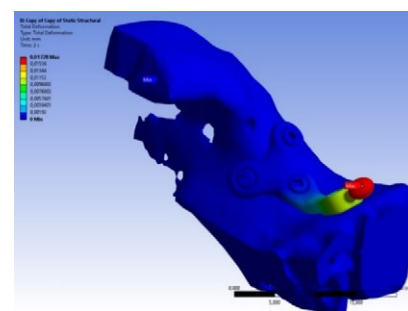


Рис. 6. Микродеформации в области головки ортодонтической пластины при действии 2,5 Н составили 0,017 мм
Fig. 6. Microdeformations in the area of the head of the orthodontic plate under the action of 2,5 N amounted to 0.017 mm

6—12 МПа, в месте выхода мини-винта из кости экстремум напряжения составил 24,12 МПа (рис. 5). Во второй модели эквивалентное напряжение по Мизесу в костной ткани отмечено только вокруг микровинтов в пределах 1,5—4 МПа, в области нижнего микровинта, который ближе других расположен к месту приложения силы на пластине, отмечен экстремум 8 МПа (рис. 6). Полученные данные о деформации самих опорных конструкций в обеих моделях незначимы и при указанных нагрузках 2,5 и 5 Н не влияют на стабильность опорных конструкций в костной ткани (рис. 7, 8).

При силе 2,5 Н эквивалентные напряжения вокруг ортодонтического мини-винта в 3 раза больше, чем вокруг микровинтов, фиксирующих пластину: 24 против 8 МПа. При увеличении ортодонтической нагрузки в 2 раза — до 5 Н (500 г) эквивалентные напряжения в кости вокруг мини-винта также увеличиваются в 2 раза и составляют 48,4 МПа (24,1 МПа при 2,5 Н). При этом в области нижнего опорного микровинта, удерживающего пластину, эквивалентные напряжения увеличились в 2,5 раза — до 20,2 МПа (8,9 МПа при 2,5 Н; рис. 9—12).

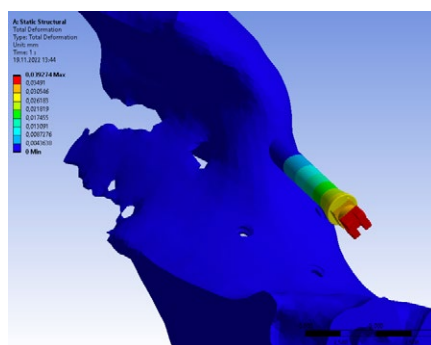


Рис. 7. Микродеформации в области головки ортодонтического винта при действии 5 Н составили 0,039 мм
Fig. 7. Microdeformations in the area of the head of the orthodontic screw under the action of 5 N amounted to 0.039 mm

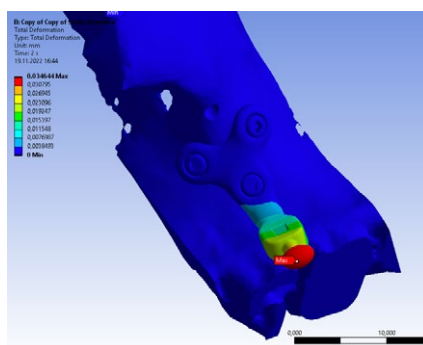


Рис. 8. Микродеформации в области головки ортодонтической пластины при действии 5 Н составили 0,035 мм
Fig. 8. Microdeformations in the area of the head of the orthodontic plate under the action of 5 N amounted to 0.035 mm

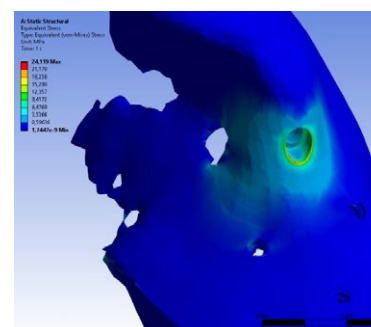


Рис. 9. Максимально эквивалентное напряжение у ортодонтического винта составило 24,1 МПа
Fig. 9. The maximum equivalent stress at the orthodontic screw was 24.1 MPa

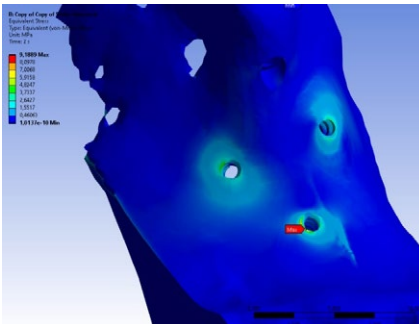


Рис. 10. Максимально эквивалентное напряжение у ортодонтического винта составило 8,09 МПа
Fig. 10. The maximum equivalent stress at the orthodontic screw was 8.09 MPa

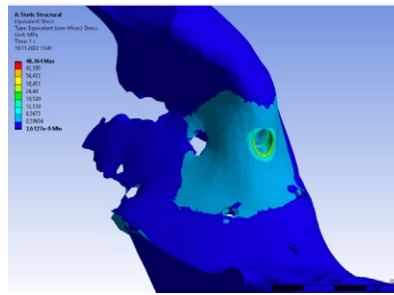


Рис. 11. Максимально эквивалентное напряжение у ортодонтического винта составило 48,4 МПа
Fig. 11. The maximum equivalent stress at the orthodontic screw was 48.4 MPa

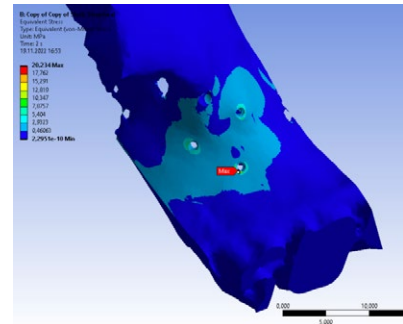


Рис. 12. Максимально эквивалентное напряжение у ортодонтического винта составило 20,2 МПа
Fig. 12. The maximum equivalent stress at the orthodontic screw was 20.2 MPa

При этом в обоих случаях уровень напряжений в кортикальной кости вокруг ортодонтического мини-винта и микровинтов, удерживающих пластину, находятся в пределах запаса прочности кости.

ВЫВОДЫ

Полученные данные деформации самих опорных конструкций в обеих моделях незначимы и при указанных нагрузках 2,5 Н ни на что не влияют. Эквивалентные напряжения вокруг ортодонтического мини-винта в 3 раза больше, чем вокруг микровинтов, фиксирующих пластину: 24 против 8 МПа. При этом в обоих случаях напряжения в кортикальной кости вокруг ортодонтического мини-винта и микровинтов, удерживающих пластину, находятся в пределах запаса прочности кости.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение ортодонтических мини-пластин, как и мини-винтов, в равной мере позволяет использовать данные инструменты в качестве ортодонтической скелетной опоры, однако выбор того или иного инструмента

зависит строго от клинических условий и показаний. В дальнейшем индивидуальные пластины с отверстиями, установленными во всех четырех сегментах, могли бы использоваться для шинирования челюстей при переломах как альтернатива фиксации шины на зубах. Подобный вариант может значительно облегчить гигиену полости рта пациента в период остеосинтеза и снизить вероятность осложнений, связанных с бактериальной биопленкой на временной скелетной опоре.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Программа стратегического академического лидерства РУДН.

FUNDING

Strategic Academic Leadership Program of RUDN University.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

Поступила: 17.12.2022 **Принята в печать:** 10.02.2023

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Received: 17.12.2022 **Accepted:** 10.02.2023

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Babanouri N., Ajami S., Salehi P. Effect of mini-screw-facilitated micro-osteoperforation on the rate of orthodontic tooth movement: a single-center, split-mouth, randomized, controlled trial. — *Prog Orthod.* — 2020; 21 (1): 7. PMID: 32147751
2. Sherwood K.H., Burch J.G., Thompson W.J. Closing anterior open bites by intruding molars with titanium miniplate anchorage. — *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* — 2002; 122 (6): 593—600. PMID: 12490869
3. Гадиров Э.Э., Таиров А.Р., Баркушин М.И., Колесников М.С., Березкина Т.Н. Выравнивание мезиально наклоненных моляров на нижней челюсти при помощи мини-винтов. — *Фундаментальные аспекты психического здоровья.* — 2019; 2: 6—11 [Gadirov E.E., Tairov A.R., Barkushin M.I., Kolesnikov M.S.,

- Berezkina T.N. Mandibular molar uprighting using miniscrew implants. — *Fundamental aspects of mental health.* — 2019; 2: 6—11 (In Russ.). eLibrary ID: 38188600
4. Попова Н.В., Арсенина О.И., Лебеденко И.Ю., Русанов Ф.С., Хворостенко Е.А., Глухова Н.В. Анализ стабильности ортодонтических мини-винтов в экспериментальных и клинических условиях. — *Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Серия: Медицинские науки.* — 2021; 2 (23): 32—38 [Popova N.V., Arsenina O.I., Lebedenko I.Y., Rusanov F.S., Khvorostenko E.A., Glukhova N.V. An analysis of orthodontic miniscrew stability in experimental and clinical cases. — *Vestnik of North-Eastern Federal University. Medical Sciences.* — 2021; 2 (23): 32—38 (In Russ.). eLibrary ID: 46236776

5. Мохамад И.С., Водолацкий В.М., Реквава З.А., Баландина А.В. Лечение зубочелюстных аномалий и деформаций с применением мини-винтов у подростков. — *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки*. — 2019; 5: 180—183
[Mohamad I.S., Vodolatsky V.M., Rekvava Z.A., Balandina A.V. Treatment of dental anomalies and deformities using mini-implants in adolescents. — *Modern Science: Actual Problems of Theory and Practice. Series: Natural and Technical Sciences*. — 2019; 5: 180—183 (In Russ.)]. [eLibrary ID: 40872246](#)
6. Wang Y., Qiu Y., Liu H., He J., Fan X. Quantitative evaluation of palatal bone thickness for the placement of orthodontic miniscrews in adults with different facial types. — *Saudi Med J*. — 2017; 38 (10): 1051—1057. [PMID: 28917071](#)
7. St Martin J.G., Javed F., Rossouw P.E., Michelogiannakis D. Influence of mini-screw implant-assisted intrusion on orthodontically induced inflammatory root resorption: a systematic review. — *Eur Arch Paediatr Dent*. — 2021; 22 (3): 341—349. [PMID: 33423207](#)
8. Liu L., Zhan Q., et al. Effectiveness of an anterior mini-screw in achieving incisor intrusion and palatal root torque for anterior retraction with clear aligners. — *Angle Orthod*. — 2021; 91 (6): 794—803. [PMID: 34061964](#)
9. Heymann G.C., Tulloch J.F. Implantable devices as orthodontic anchorage: a review of current treatment modalities. — *J Esthet Restor Dent*. — 2006; 18 (2): 68—79; discussion 80. [PMID: 16519871](#)
10. Osak P., Maszybrocka J., Zubko M., Rak J., Bogunia S., Łosiewicz B. Influence of sandblasting process on tribological properties of titanium grade 4 in artificial saliva for dentistry applications. — *Materials (Basel)*. — 2021; 14 (24): 7536. [PMID: 34947129](#)
11. Brånemark P.I., Adell R., Breine U., Hansson B.O., Lindström J., Ohlsson A. Intra-osseous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies. — *Scand J Plast Reconstr Surg*. — 1969; 3 (2): 81—100. [PMID: 4924041](#)
12. Buser D., Mericske-Stern R., Bernard J.P., Behneke A., Behneke N., Hirt H.P., Belser U.C., Lang N.P. Long-term evaluation of non-submerged ITI implants. Part 1: 8-year life table analysis of a prospective multi-center study with 2359 implants. — *Clin Oral Implants Res*. — 1997; 8 (3): 161—72. [PMID: 9586460](#)
13. Huang L.H., Shotwell J.L., Wang H.L. Dental implants for orthodontic anchorage. — *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. — 2005; 127 (6): 713—22. [PMID: 15953897](#)
14. Jenner J.D., Fitzpatrick B.N. Skeletal anchorage utilising bone plates. — *Aust Orthod J*. — 1985; 9 (2): 231—3. [PMID: 3870084](#)
15. Umemori M., Sugawara J., Mitani H., Nagasaka H., Kawamura H. Skeletal anchorage system for open-bite correction. — *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. — 1999; 115 (2): 166—74. [PMID: 9971928](#)
16. Kanomi R. Mini-implant for orthodontic anchorage. — *J Clin Orthod*. — 1997; 31 (11): 763—7. [PMID: 9511584](#)
17. Takaki T., Tamura N., Yamamoto M., Takano N., Shibahara T., Yasumura T., Nishii Y., Sueishi K. Clinical study of temporary anchorage devices for orthodontic treatment—stability of micro/mini-screws and mini-plates: experience with 455 cases. — *Bull Tokyo Dent Coll*. — 2010; 51 (3): 151—63. [PMID: 20877162](#)
18. Chen Y.J., Chang H.H., Lin H.Y., Lai E.H., Hung H.C., Yao C.C. Stability of miniplates and miniscrews used for orthodontic anchorage: experience with 492 temporary anchorage devices. — *Clin Oral Implants Res*. — 2008; 19 (11): 1188—96. [PMID: 18983323](#)
19. Chen Y.J., Chang H.H., Huang C.Y., Hung H.C., Lai E.H., Yao C.C. A retrospective analysis of the failure rate of three different orthodontic skeletal anchorage systems. — *Clin Oral Implants Res*. — 2007; 18 (6): 768—75. [PMID: 17868386](#)
20. Wang Y.C., Liou E.J. Comparison of the loading behavior of self-drilling and predrilled miniscrews throughout orthodontic loading. — *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. — 2008; 133 (1): 38—43. [PMID: 18174069](#)
21. Papadopoulos M.A., Tarawneh F. The use of miniscrew implants for temporary skeletal anchorage in orthodontics: a comprehensive review. — *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. — 2007; 103 (5): e6—15. [PMID: 17317235](#)
22. Al-Dumaini A.A., Halboub E., Alhammadi M.S., Ishaq R.A.R., Youssef M. A novel approach for treatment of skeletal Class II malocclusion: Miniplates-based skeletal anchorage. — *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. — 2018; 153 (2): 239—247. [PMID: 29407501](#)
23. Unal T., Celikoglu M., Candirli C. Evaluation of the effects of skeletal anchored Forsus FRD using miniplates inserted on mandibular symphysis: A new approach for the treatment of Class II malocclusion. — *Angle Orthod*. — 2015; 85 (3): 413—9. [PMID: 25279724](#)
24. Tsui W.K., Chua H.D., Cheung L.K. Bone anchor systems for orthodontic application: a systematic review. — *Int J Oral Maxillofac Surg*. — 2012; 41 (11): 1427—38. [PMID: 22704592](#)
25. Koretsi V., Zymperdikas V.F., Papageorgiou S.N., Papadopoulos M.A. Treatment effects of removable functional appliances in patients with Class II malocclusion: a systematic review and meta-analysis. — *Eur J Orthod*. — 2015; 37 (4): 418—34. [PMID: 25398303](#)
26. Ehsani S., Nebbe B., Normando D., Lagravere M.O., Flores-Mir C. Short-term treatment effects produced by the Twin-block appliance: a systematic review and meta-analysis. — *Eur J Orthod*. — 2015; 37 (2): 170—6. [PMID: 25052373](#)
27. Perinetti G., Primožič J., Furlani G., Franchi L., Contardo L. Treatment effects of fixed functional appliances alone or in combination with multibracket appliances: A systematic review and meta-analysis. — *Angle Orthod*. — 2015; 85 (3): 480—92. [PMID: 25188504](#)
28. Мокренко М.Е., Гусейнов Н.А., Аль Хаффар Ж., Тутуров Н.С., Саркисян М.С. Обзор рентгенодиагностических on-line сервисов, основанных на искусственных нейронных сетях в стоматологии. — *Медицинская визуализация*. — 2022; 3: 114—122
[Mokrenko M.E., Guseynov N.A., Alhaffar J., Tuturov N.S., Sarkisyan M.S. Review of online X-ray diagnostic services based on artificial neural networks in dentistry. — *Medical Visualization*. — 2022; 3: 114—122 (In Russ.)]. [eLibrary ID: 49365981](#)
29. Климова Н.Н., Горелова В.А., Климова Т.Н. Оценка анатомических параметров костной ткани в области подскулового гребня для определения потенциальной зоны введения мини-винтов. — *Ортодонтия*. — 2020; 2 (90): 23—27
[Klimova N.N., Gorelova V.A., Klimova T.N. Evaluation of the anatomical parameters of bone tissue in the region of the infrazygomatic crest for assessment of potential zone for the insertion of miniscrews. — *Orthodontics*. — 2020; 2 (90): 23—27 (In Russ.)]. [eLibrary ID: 44374378](#)
30. Wang P., Chen Z.X., Wu J., Chen Z.Q. [Study of three-dimensional anatomical relationship between infrazygomatic crest and maxillary sinus for mini-screw insertion]. — *Shanghai Kou Qiang Yi Xue*. — 2017; 26 (6): 623—627 (In Chinese). [PMID: 29691558](#)