

DOI: 10.18481/2077-7566-2024-20-1-170-174

УДК: 616.314-76

## ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЭФФЕКТА АРМИРОВАНИЯ СТЕКЛОВОЛОКНОМ ПРОВИЗОРНЫХ НЕСЪЕМНЫХ ПРОТЕЗОВ ИЗ АКРИЛОВОЙ И БИС-АКРИЛОВОЙ ПЛАСТМАССЫ

Петрикас О. А., Трапезников Д. В., Костин И. О., Буланов В. И.

Тверской государственной медицинской университет, г. Тверь, Россия

### Аннотация

Применение временных (провизорных) конструкций представляет собой неотъемлемый этап современного зубного протезирования. Признаваемой большинством специалистов проблемой провизорных протезов (ПП) является их использование в условиях длительной либо повышенной функциональной нагрузки в связи с возможностью их поломки. Разработка простого, не требующего специального оборудования способа усиления провизорных протезов непосредственно во время клинического приема является актуальной научно-практической задачей.

**Цель.** Изучить напряженно-деформированного состояния несъемных армированных и неармированных стекловолокном провизорных протезов различной протяженности из акриловой либо бис-акриловой композиционной пластмассы.

**Методология.** Для этого было разработано четыре конечно-элементные модели с воспроизведением свойств материалов протеза, твердых тканей зуба (модуль Юнга, коэффициент Пуассона, твердость). Каждая модель подвергалась вертикальной нагрузке в 100 н, приложенной к середине тела ПП. Были проведены расчеты в APM 3D Studio, контроль полученных результатов проводился в Ansys 12.2. Полученные результаты выводились на экран монитора, распечатывались и анализировались.

**Результаты.** Анализ картины распределения напряжений (КРН) для акрилового неармированного ПП с укороченным телом (модель 1) показал наибольшее напряжение (4,2–5,2 н/мм<sup>2</sup>) в области окклюзионной поверхности. КРН для акрилового неармированного ПП с удлиненным телом (модель 2) показала наибольшее напряжение (11,4–12,3 н/мм<sup>2</sup>) как в зоне оказания нагрузки, так и в пришеечных зонах коннектора, обращенных в сторону дефекта. КРН для акрилового армированного ПП с удлиненным телом (модель 3) показала наибольшее напряжение (10,5–12,0 н/мм<sup>2</sup>) в области расположения волоконной армирующей ленты в глубине ПП. КРН для бис-акрилового армированного ПП с удлиненным телом (модель 4) показала наибольшие напряжения (9,8–10,5 н/мм<sup>2</sup>) как в области расположения стекловолоконной армирующей ленты, так и на окклюзионной поверхности.

**Выводы.** Анализ напряженно-деформированного состояния ПП подтвердил целесообразность армирования стекловолоконной лентой при удлинении промежуточной части провизорного протеза из акриловой или бис-акриловой композиционной пластмассы.

**Ключевые слова:** провизорный протез, акрилаты, бис-акрилаты, метод конечных элементов, картина распределения напряжений

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Олег Арнольдович ПЕТРИКАС** ORCID ID 0000-0003-0286-5123

д.м.н., профессор, профессор кафедры ортопедической стоматологии, Тверской государственной медицинской университет г. Тверь, Россия  
opetrikas@mail.ru

**Дмитрий Валерьевич ТРАПЕЗНИКОВ** ORCID ID 0009-0008-3776-0122

ассистент кафедры ортопедической стоматологии, Тверской государственной медицинской университет г. Тверь, Россия  
trapeznikovdv@mail.ru

**Игорь Олегович КОСТИН** ORCID ID 0000-0003-3714-0966

к.м.н., доцент кафедры ортопедической стоматологии, Тверской государственной медицинской университет г. Тверь, Россия  
stomatologistic@mail.ru

**Виталий Иванович БУЛАНОВ** ORCID ID 0000-0002-8022-8894

к.м.н., доцент кафедры ортопедической стоматологии, Тверской государственной медицинской университет г. Тверь, Россия  
B220840@mail.ru

**Адрес для переписки: Олег Арнольдович ПЕТРИКАС**

170000, г. Тверь, ул. Советская, д. 4,

+7 (909) 2666669

opetrikas@mail.ru

**Образец цитирования:**

Петрикас О. А., Трапезников Д. В., Костин И. О., Буланов В. И.

ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЭФФЕКТА АРМИРОВАНИЯ СТЕКЛОВОЛОКНОМ ПРОВИЗОРНЫХ НЕСЪЕМНЫХ ПРОТЕЗОВ ИЗ АКРИЛОВОЙ И БИС-АКРИЛОВОЙ ПЛАСТМАССЫ. Проблемы стоматологии. 2024; 1: 170-174.

© Петрикас О. А. и др., 2024

DOI: 10.18481/2077-7566-2024-20-1-170-174

Поступила 28.02.2024. Принята к печати 07.04.2024

DOI: 10.18481/2077-7566-2024-20-1-170-174

## FINITE ELEMENT STUDY EVALUSTION OF GLASS FIBER REINFORCED FIXED PROSTHESES MADE OF ACRYLIC AND BIS-ACRYLIC RESIN MATERIALS

Petrikas O.A., Trapeznikov D.V., Kostin I.O., Bulanov V.I.

Tver State Medical University, Tver, Russia

### Annotation

The use of interim (provisional) prostheses is an obligate stage of modern dental practice. The problem of provisional bridges recognized by most experts is their use under heavy occlusal stress due to the possibility of their fracture. The development of a simple method of reinforcing provisional of prostheses during a clinical appointment that does not require special equipment is an urgent scientific and practical task.

**Objectives.** The goal of this study was to evaluate the stress distribution in fiberglass reinforced and non-reinforced short-span and long-span provisional bridges according to different acrylic and bis-acrylic resin.

**Methodology.** For this purpose, four finite element models were developed to reproduce the properties of prosthetic materials and hard dental tissues (Young's modulus, Poisson's ratio, hardness). Each model was subjected to a vertical load of 100 N applied to the middle of the bridge. Calculations were carried out in APM 3D Studio, and the results obtained were monitored in Ansys 12.2. The results obtained were displayed on the monitor screen, printed and analyzed.

**Results.** Stress distribution pattern for an acrylic non-reinforced short-span bridge (model 1) showed the highest stress (4.2–5.2 n/mm<sup>2</sup>) in the area of the occlusal surface.

Stress distribution pattern for an acrylic non-reinforced long-span bridge (model 2) showed the highest stress (11.4–12.3 n/mm<sup>2</sup>) both in the load zone and in the cervical zones of the connector facing the defect.

Stress distribution pattern for acrylic reinforced long-span bridge (model 3) showed the highest stress (10.5–12.0 n/mm<sup>2</sup>) in the area where the fiber reinforcing tape is located deep in the bridge.

Stress distribution pattern for bis-acrylic reinforced long-span bridge (model 4) showed the highest stress (9.8–10.5 n/mm<sup>2</sup>) observed both in the area where the glass fiber reinforcing tape is located and on the occlusal surface.

**Conclusion.** Finite element analysis confirmed the feasibility of fiberglass reinforcement of long-span provisional bridges made of acrylic or bis-acrylic resin.

**Keywords:** provisional bridges, acrylates, bis-acrylates, finite element method, stress distribution pattern

The authors declare no conflict of interest.

**Oleg A. PETRIKAS** ORCID ID 0000-0003-0286-5123

Grand PhD in Medical Science, Professor, Department of Orthopedic Dentistry, Tver State Medical University, Tver, Russia  
opetrikas@mail.ru

**Dmitriy V. TRAPEZNIKOV** ORCID ID 0009-0008-3776-0122

Teaching Assistant, Department of Orthopedic Dentistry, Tver State Medical University, Tver, Russia  
trapeznikovdv@mail.ru

**Igor O. KOSTIN** ORCID ID 0000-0003-3714-0966

PhD in Medical Science, Associate Professor, Department of Orthopedic Dentistry, Tver State Medical University, Tver, Russia  
stomatologistic@mail.ru

**Vitaliy I. BULANOV** ORCID ID 0000-0002-8022-8894

PhD in Medical Science, Associate Professor, Department of Orthopedic Dentistry, Tver State Medical University, Tver, Russia  
B220840@mail.ru

**Correspondence address: Oleg A. PETRIKAS**

Sovetskaya str. 4, Tver, Russia 170000

+7 (909) 2666669

opetrikas@mail.ru

**For citation:**

Petrikas O.A., Trapeznikov D.V., Kostin I.O., Bulanov V.I.

FINITE ELEMENT STUDY EVALUSTION OF GLASS FIBER REINFORCED FIXED PROSTHESES MADE OF ACRYLIC AND BIS-ACRYLIC RESIN MATERIALS. *Actual problems in dentistry*. 2024; 1: 170-174. (In Russ.)

© Petrikas O.A. et al., 2024

DOI: 10.18481/2077-7566-2024-20-1-170-174

Received 28.02.2024. Accepted 07.04.2024

### Актуальность

Применение временных (провизорных) конструкций представляет собой неотъемлемый этап современного зубного протезирования. Это относится как к традиционным несъемным металлокерамическим или цельнокерамическим протезам с опорой на естественные зубы, так и к имплантатам на период их приживления и последующие этапы имплантационного протезирования [1, 2]. Признаваемой большинством специалистов проблемой провизорных протезов является их использование в условиях длительной либо повышенной функциональной нагрузки в связи с возможностью их поломки [3, 4].

Существует несколько путей повышения прочности провизорных протезов. Это проверенные временем способы усиления полимерных провизорных протезов путем армирования [5]. Прочные априори, традиционные, например, металлопластмассовые конструкции для имплантатов либо новые полимерные материалы, изначально обладающие повышенными физико-механическими характеристиками; новые технологии — CAD/CAM, 3D-печать, — предлагающие принципиально другой подход к изготовлению протезов [6, 7].

Однако, несмотря на эффективность самых современных технологических решений, наряду с определенным повышением прочности получаемых с их помощью провизорных конструкций, такие протезы пока избыточно дороги для большинства пациентов и малопригодны для изготовления у кресла на рутинном стоматологическом приеме [8]. Поэтому разработка простого, не требующего специального оборудования способа усиления провизорных протезов непосредственно во время клинического приема является актуальной научно-практической задачей [9]. Причем это относится к провизорным протезам как с опорой на естественные зубы, так и на дентальные имплантаты [10]. По мнению специалистов, возможность сохранения фиксированных временных протезов на протяжении всех этапов протезирования на имплантатах представляет весьма сложную проблему [10].

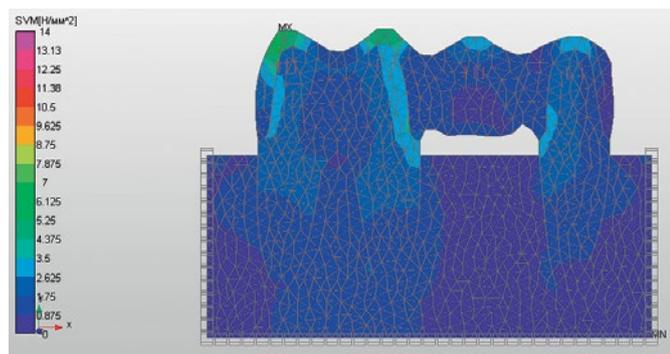


Рис. 1. Картина распределения напряжений для акрилового ПП с укороченным телом

Fig. 1. Stress distribution pattern for the short-span acrylic provisional bridge

**Целью** настоящего исследования явилось изучение напряженно-деформированного состояния зубочелюстной системы в зоне включенных дефектов, замещенных армированными мостовидными провизорными протезами (ПП) различной протяженности и выполненными из акриловой либо бис-акриловой композиционной пластмассы.

### Материал и методы

Настоящая работа является продолжением лабораторных механических испытаний по изучению прочности на изгиб балок из хемотвердеющей бис-акриловой композиционной пластмассы, армированных стекловолокном [11]. Итогом данных испытаний было доказательство возможности значимого повышения прочности таких балок после армирования стекловолоконной лентой. Настоящее исследование направлено на обоснование полученных результатов методом математического моделирования конечных элементов ПП.

Изучение напряженно-деформированного состояния зубочелюстной системы в зоне включенных дефектов, замещенных ПП различных вариантов, проводили в зависимости от протяженности промежуточной части (тела ПП) и материалов изготовления. Для этого были разработаны четыре конечно-элементные модели в системе опорный зуб / провизорный несъемный протез с воспроизведением свойств материалов протеза, твердых тканей зуба (модуль Юнга, коэффициент Пуассона, твердость). Каждая модель подвергалась вертикальной нагрузке в 100 н, приложенной к середине тела ПП. Были проведены расчеты в APM 3D Studio, контроль полученных результатов проводился в Ansys 12.2. Полученные результаты выводились на экран монитора, распечатывались и анализировались.

Изучались следующие варианты моделей:

- ПП, выполненный из акриловой пластмассы с укороченным телом (1 отсутствующий зуб);
- ПП, выполненный из акриловой пластмассы с удлиненным телом (2 отсутствующих зуба);
- ПП, выполненный из акриловой пластмассы с удлиненным телом (2 отсутствующих зуба), армированный стекловолокном;
- ПП, выполненный из бис-акриловой композиционной пластмассы с удлиненным телом (2 отсутствующих зуба), армированный стекловолокном.

### Результаты и их обсуждение

На рисунке 1 представлен характер напряженно-деформированного состояния ПП, выполненного из акриловой пластмассы, с укороченным телом (1 отсутствующий зуб), что соответствует условно нормальным функциональным нагрузкам для опорных зубов. Модель 1 является контрольной для последующего сравнения с моделью 2, имитирующей повышенную функциональную нагрузку для ПП.

Приложение к данной конструкции ПП вертикальной нагрузки в 100 н вызывает наибольшее напряжение (4,2–5,2 н/мм<sup>2</sup>) в области окклюзионной поверхности (бугорков искусственного зуба) и бугорков опорных коронок ПП.

На рисунке 2 представлен характер напряженно-деформированного состояния ПП, выполненного из акриловой пластмассы, с удлиненным телом (2 отсутствующих зуба), что соответствует повышенной функциональной нагрузке для опорных зубов.

Приложение той же нагрузки к середине удлиненного тела ПП вызывает наибольшее напряжение (11,4–12,3 н/мм<sup>2</sup>) как в области оказания нагрузки, так и в пришеечных зонах коннектора, обращенных в сторону дефекта.

Количественное и качественное сравнение выявленных напряжений для первой модели — 4,2–5,2 н/мм<sup>2</sup> и для второй модели — 11,4–12,3 н/мм<sup>2</sup> говорит о значительном повышении вероятности поломки ПП во втором случае, особенно в зоне приложения нагрузки к середине тела протеза, а также участках перехода тела протеза в опорные коронки.

На рисунке 3 представлен характер напряженно-деформированного состояния ПП, выполненного из акриловой пластмассы, с удлиненным телом (2 отсутствующих зуба), что соответствует повышенной функциональной нагрузке для опорных зубов, с армированием стекловолоконной лентой.

Приложение нагрузки к середине удлиненного тела ПП вызывает наибольшее напряжение (10,5–12,0 н/мм<sup>2</sup>) в области расположения волоконной армирующей ленты в глубине ПП как напротив точки оказания нагрузки, так и в зонах коннектора, обращенных в сторону дефекта, в месте перехода армирующей ленты с тела на коронки ПП.

Количественное и качественное сравнение картины напряжений для армированного ПП (третья модель) с неармированным ПП (вторая модель) показывает существенную разгрузку прежде опасных для перелома участков ПП (с 11,4–12,3 н/мм<sup>2</sup> до 5,2–7,3 н/мм<sup>2</sup>) за счет перераспределения основных напряжений с середины тела ПП и пришеечных зон коннекторов на априори прочную стекловолоконную арматуру.

На рисунке 4 представлен характер напряженно-деформированного состояния ПП, выполненного из бис-акриловой композиционной пластмассы, с удлиненным телом (2 отсутствующих зуба), что соответствует повышенной функциональной нагрузке для опорных зубов, с армированием стеклолентой.

Приложение той же нагрузки к середине удлиненного тела ПП вызывает относительно равномерное распределение напряжений. Наибольшие напряжения (9,8–10,5 н/мм<sup>2</sup>) наблюдаются как в области расположения стекловолоконной армирующей ленты напротив точки оказания нагрузки, так и непосредственно в данной точке — на окклюзионной поверхности. Количественное и качественное сравнение картины

напряжений для армированного акрилового ПП (третья модель) с армированным бис-акриловым ПП (четвертая модель) показывает еще более значительную разгрузку пришеечных зон коннекторов (с 5,2–7,3 н/мм<sup>2</sup> до 3,8–5,3 н/мм<sup>2</sup>) за счет перераспределения основных напряжений как на стекловолоконную арматуру, так и на более жесткую за счет наполнителя бис-акриловую композиционную пластмассу.

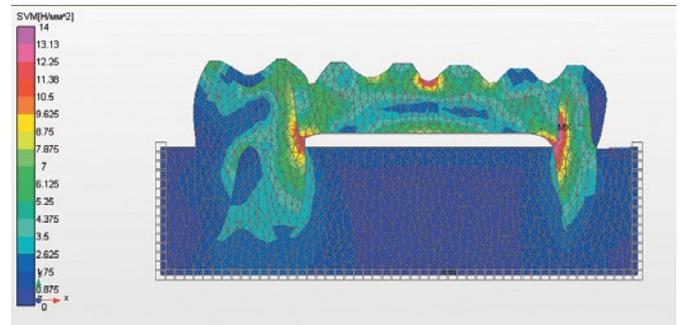


Рис. 2. Картина распределения напряжений для акрилового ПП с удлиненным телом

Fig. 2. Stress distribution pattern for the long-span acrylic provisional bridge

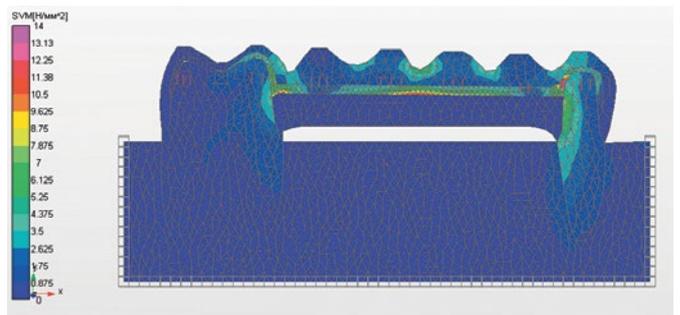


Рис. 3. Картина распределения напряжений для акрилового ПП с удлиненным телом и армированием стеклолентой

Fig. 3. Stress distribution pattern for the acrylic reinforced long-span provisional bridge

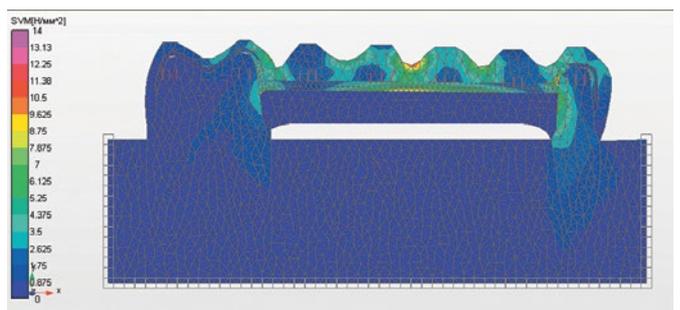


Рис. 4. Картина распределения напряжений для бис-акрилового ПП с удлиненным телом и армированием стеклолентой

Fig. 4. Stress distribution pattern for the bis-acrylic reinforced long-span provisional bridge

## Выводы

1. Изучение напряженно-деформированного состояния позволило выделить критические зоны, в которых наиболее высока вероятность функциональной перегрузки и разрушения как элементов самого протеза, так и опорных зубов.
2. Анализ картины распределения напряжений подтвердил целесообразность армирования стекловолоконной лентой при удлинении про-

межуточной части провизорного протеза из хемотвердеющей акриловой или бис-акриловой композиционной пластмассы.

Таким образом, армированные провизорные протезы, выполняемые непосредственно во время клинического приема, способны успешно противостоять повышенным функциональным нагрузкам на протяжении всех этапов протезирования.

## Литература/References

1. Sanz-Martin I., Encalada C., Sanz-Sánchez I., Aracil J., Sanz M. Soft tissue augmentation at immediate implants using a novel xenogeneic collagen matrix in conjunction with immediate provisional restorations: A prospective case series // *Clin Implant Dent Relat Res.* – 2019;21(1):145-153. DOI: 10.1111/cid.12696.
2. Yao J.W., Wang H.L. Assessment of Peri-implant Soft Tissue Adaptive Pressure and Time After Provisional Restorations // *Int J Periodontics Restorative Dent.* – 2019;39(6):809-815. DOI: 10.11607/prd.4063.
3. James Field I, Robert Wassell. Provisional restorations (Part 1) // *Br Dent J.* – 2023;234(11):805-809. doi: 10.1038/s41415-023-5974-7.
4. Psarri C., Kourtis S. Effect of fiber-reinforcement on the strength of polymer materials for provisional restorations: An in vitro study // *J Esthet Restor Dent.* – 2020;32(4):433-440. DOI: 10.1111/jerd.12586
5. Hamza T.A., Rosenstiel S.F., Elhosary M.M., Ibraheem R.M. The effect of fiber reinforcement on the fracture toughness and flexural strength of provisional restorative resins // *J Prosthet Dent.* – 2004;91(3):258-264. DOI: 10.1016/j.prosdent.2004.01.005
6. Jurado C.A., Barkmeier W.W., Alshabib A., Alresayes S.S., Fu C.C., Teixeira E.C., Baruth A.G., Tsujimoto A. Effectiveness of Different Polishing Kits for Chairside CAD/CAM Provisional Restorative Materials // *Oper Dent.* – 2022;47(6):670-677. DOI: 10.2341/21-147-L.
7. Ahmad Abadi M.N., Goharifar A., Mahabadi M. The effect of fabrication methods (conventional, computer-aided design/computer-aided manufacturing milling, three-dimensional printing) and material type on the fracture strength of provisional restorations // *Dent Res J (Isfahan).* – 2023;20:86. PMID: 37674576.
8. Blasi A., Alnassar T., Chiche G. Injectable technique for direct provisional restoration // *J Esthet Restor Dent.* – 2018;30(2):85-88. DOI: 10.1111/jerd.12333.
9. Kozmacs C., Baumann V., Bunz O., Piwowarczyk A. Relative Clinical Success of Bis-Acryl Composite Provisional Crowns // *Compend Contin Educ Dent.* – 2018;39(1):9-12. PMID: 29293015.
10. Askar O.M., ELSyad M.A. Fiber-Reinforced Hybrid Prosthesis Veneered With Composite Resin for 4 Implant-Supported Fixed Provisional and Definitive Restorations // *J Oral Implantol.* – 2023;49(1):30-38. DOI: 10.1563/aaid-joi-D-21-00252.
11. Петрикас О.А., Трапезников Д.В., Змеева Э.А. Лабораторное изучение прочности на изгиб армированного бис-акрилового материала для провизорных протезов. *Проблемы в стоматологии.* 2018;14(4):121-125. [O.A. Petrikas, D.V. Trapeznikov, E.A. Zmeeva. The laboratory study of the flexural strength of reinforced bis-acrylic material for provisional fixed restorations. *Actual Problems in dentistry.* 2018;14(4):121-125. (In Russ.)]. DOI: 10.18481/2077-7566-2018-14-4-121-125