

А.Ф. Петросян¹,
врач-стоматолог-ортопед

И.Ю. Лебедеко^{2,3},
д.м.н., зав. лабораторией
материаловедения; зав. кафедрой
ортопедической стоматологии
медицинского института

¹ Пушкинская городская стоматологическая
поликлиника

² ЦНИИСиЧЛХ

³ РУДН

Профилактика переломов полных съемных пластиночных зубных протезов при резко выраженном торусе

A.F. Petrosyan, I.Yu. Lebedenko

Prevention of fractures of complete removable lamellar dentures with pronounced torus

Реферат. Работа посвящена научному обоснованию профилактики переломов базисов полных съемных пластиночных протезов при резко выраженном торусе верхней челюсти путем расчета минимально допустимой толщины базиса в зоне изоляции. Изучены предел прочности при изгибе и модуль эластичности при изгибе 6 российских базисных материалов различной химической природы. Построена математическая модель, изучено напряженно-деформированное состояние базиса протеза при различных толщинах протеза в зоне изоляции верхнечелюстного торуса. Показано, что для акриловых и полиуретанового базисов минимальная толщина базиса в зоне изоляции торуса должна быть не менее 2,3 мм. Клинические наблюдения в течение 2 лет за 97 пациентами с полными протезами, изготовленными в соответствии с рекомендациями по толщине базиса в зоне изоляции торуса, подтвердили эффективность математических расчетов.

Ключевые слова: съемные пластиночные зубные протезы, полное отсутствие зубов, торус верхней челюсти, базисные материалы, математическое моделирование напряженно-деформированного состояния базиса съемного зубного протеза

При изготовлении съемных пластиночных протезов при полном отсутствии зубов базисы протезов на верхней челюсти нередко изготавливают разной толщины с истончением в области срединного торуса для его изоляции [1]. Описаны случаи резкой выраженности небного торуса — 4 мм высотой [2, 3]. Однако в доступной литературе мы не встретили работ, посвященных научному обоснованию минимально допустимых размеров толщины базисов съемных протезов в области небного торуса.

Целью исследования явилась профилактика переломов полных съемных зубных протезов путем изучения напряженно-деформированного состояния базисов протезов в области изоляции торуса с расчетом минимально допустимых размеров для различных зубопротезных материалов.

Для достижения цели были поставлены и решены следующие задачи:

1. **Определить основные физико-механические свойства отечественных базисных материалов.**

Abstract. The work is devoted to the scientific justification of the prevention of fractures of the bases of complete removable plate prostheses with a pronounced torus of the upper jaw by calculating the minimum allowable thickness of the base in the isolation zone. The Flexural strength limit and Flexural modulus of 6 Russian base materials of different chemical nature were studied. A mathematical model was constructed and the stress-strain state of the prosthesis base was studied for different prosthesis thicknesses in the zone of maxillary torus isolation. It is shown that for acrylic and polyurethane bases, the minimum thickness of the base in the torus isolation zone should be at least 2.3 mm. Clinical observations for 2 years of 97 patients with complete prostheses made in accordance with the recommendations for the thickness of the base in the torus isolation zone confirmed the effectiveness of mathematical calculations.

Key words: removable plate dentures, complete absence of teeth, torus of the upper jaw, basic materials, mathematical modeling of the stress-strain state of the removable denture basis

2. **Разработать математическую модель полного съемного протеза беззубой верхней челюсти, наложенного на модель протезного ложа с выраженным торусом с односторонним или двусторонним приложением жевательной нагрузки.**
3. **Методом конечных элементов исследовать напряженно-деформированное состояние базиса протеза в области торуса и рассчитать для каждого из изученных материалов минимально допустимые толщины протезов для предупреждения риска переломов при пороговых значениях жевательной нагрузки.**

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В лаборатории материаловедения ЦНИИСиЧЛХ в соответствии с ГОСТ 31572-2012 (ISO 1567-1999) на испытательной машине Zwick совместно с ведущим инженером Т.Ф. Суругиной, которой выражаем глубокую благодарность, определены основные физико-механические параметры — предел прочности при изгибе и модуль эластичности при изгибе — шести используемых

в Российской Федерации базисных стоматологических материалов отечественного производства:

1. Белакирил-М ГО на основе метилметакрилата горячей полимеризации (ОЭЗ Владмива, г. Белгород, РУ № РЗН 2015/2736, ТУ № 9391-129-45814830-2014);
2. Белакирил-Э ГО на основе этилметакрилата горячей полимеризации (ОЭЗ Владмива, г. Белгород, РУ № РЗН 2015/2736 ТУ № 9391-129-45814830-2014);
3. Белфлекс на основе полиамида для литьевого формования (ОЭЗ Владмива, г. Белгород, РУ № РЗН 2015/2736 ТУ № 9391-129-45814830-2014);
4. Нолатек — светоотверждаемый материал на основе акриловых олигомеров (ОЭЗ Владмива, г. Белгород, РУ № РЗН 2015/2736 ТУ № 9391-129-45814830-2014);
5. Пенталур на основе полиуретана (ООО «НПО «Альтернатива», г. Москва, РУ № РЗН 2013/470 ТУ № 9391-001-09758796-2012);
6. Эвихард на основе нейлона для литьевого формования (ООО «Эвидент плюс», г. Щелково, РУ № ФСР 2011/12201 ТУ № 9391-007-75254505-2011).

Полученные результаты подвергали статистической обработке с расчетом среднего арифметического (M) и ошибки средней (m).

Полученные данные использованы нами на математической модели для изучения методом конечных элементов напряженно-деформированного состояния системы «съемный пластиночный протез при полном отсутствии зубов на верхней челюсти — модель протезного ложа» и для расчетов минимально допустимой толщины базиса в области турса.

Для построения математической модели съемного пластиночного протеза на беззубой верхней челюсти с помощью лабораторного сканера Zfx Evolution Pro получили скан реальной гипсовой модели с верхнечелюстным турсом высотой 1,9 мм и скан реального протеза.

Для аггравации ситуации увеличивали высоту турса на виртуальной модели до 3,5 мм, с применением математического аппарата программы Abaqus совмещали вышеуказанные сканы в единой виртуальной модели.

Распределенную жевательную нагрузку прикладывали жевательные зубы на двусторонней основе величиной 50 Н, чтобы задать граничные условия вводили определенные в лаборатории параметры базисных материалов: предел прочности при изгибе и модуль эластичности при изгибе [5].

Торус задан идеально жестким и был закреплен. Протез был задан как идеально упругое тело. Рассматривались напряжения в базисах протезов толщиной в самом тонком месте изоляции турса: 1, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0 и 3,5 мм.

Элементы разбиения — С3D10Н — нелинейные тетраэдры. Трехмерный элемент представляет 10-узловой гибридный тетраэдр второго порядка, имеет 4 точки интегрирования [4]. Такие элементы хорошо описывают изгиб с концентрацией напряжений.

Базовая длина элемента составляла 1 мм, дополнительное измельчение было задано в области максимальных напряжений: в области уздечки 0,5 мм, по границе турса 0,5 мм. Мы определяли напряжения, возникающие при изменении толщины базиса над турсом, моделируя принятую в зубопротезировании его изоляцию, и сравнивали уровень возникающих в базисе напряжений с пределом прочности базисного материала на изгиб. В случаях превышения величин напряжений в протезе значений предела прочности полимерного материала на изгиб считали данную толщину протеза из данного базисного материала неприемлемой.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В табл. 1 представлены полученные нами показатели физико-механических свойств изученных 6 отечественных базисных материалов.

Мы установили, что самую высокую прочность при изгибе имеют образцы из материала Пенталур (95,5 МПа), а самую низкую — Нолатек (41,6 МПа).

Самый высокий показатель модуля эластичности отмечен у материала Белакирил-М ГО (2417 МПа), самый низкий — у материала Белфлекс (1270 МПа).

На рис. 1 представлена картина напряжений, возникающих в разных зонах базиса полного протеза при его нагружении. Отчетливо видны красные области максимальных напряжений. Причем важно отметить

Таблица 1. Физико-механические параметры отечественных базисных материалов

Наименование	Предел прочности при изгибе, МПа	Модуль упругости при изгибе, МПа
Белакирил-М ГО	95±9,3	2417±135
Белакирил-Э ГО	86,3±8,5	2144±91
Нолатек	41,6±3,3	2043±96
Пенталур	95,5±1,1	2049±187
Эвихард	51,4±2,6	1318±75
Белфлекс	67,5±2,8	1270±116

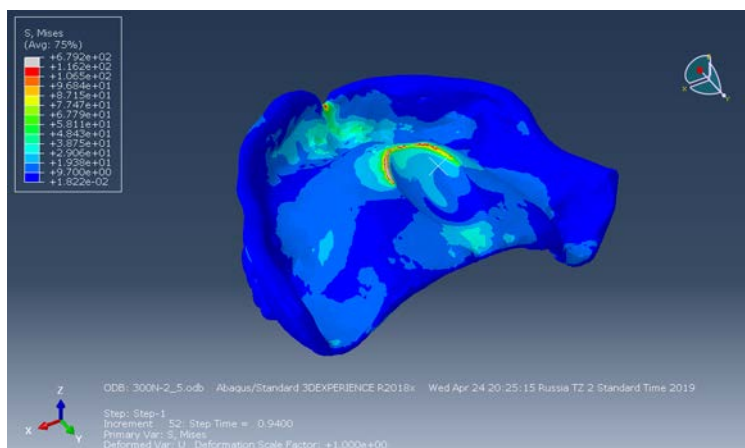


Рис. 1. Напряженно-деформированное состояние полного съемного пластиночного протеза с изоляцией турса высотой 2,5 мм за счет истончения базиса в этой зоне до 1,5 мм

возникновение зон ярко красного цвета не только в области истончения базиса для изоляции торуса, но также и в зоне межрезцовой вырезки для срединной уздечки верхней губы [6]. С увеличением истончения базиса в области торуса напряжения нарастают как в этой зоне, так и в зоне вырезки для уздечки верхней губы. С увеличением толщины базиса над торусом уменьшались и напряжения в зоне вырезки для уздечки.

Полученные зависимости напряжений в протезе при разных толщинах базиса из изученных базисных материалов представлены на диаграмме (рис. 2).

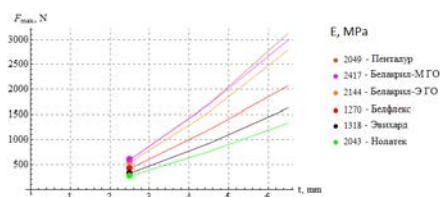


Рис. 2. Зависимость толщины базиса полного съемного пластиночного протеза в зоне изоляции торуса ($h=2,5$ мм) от прочности базисного материала

Проведенные нами расчеты показали, что минимальные допустимые толщины базисов съемных пластиночных зубных протезов в зоне истончения для изоляции небного торуса у базисов из акриловой пластмассы Белакрыл-М ГО так же, как и для базиса из полиуретана Пенталур, составляют 2,3 мм (табл. 2) [7, 8]. Очень близкое значение минимально допустимой толщины получено и для базисов из акриловой пластмассы Белакрыл-Э ГО — 2,4 мм. У базисов из полиамида Белфлекс толщина должна быть 2,7 мм.

Для светоотверждаемого базисного материала Нолатек и для полиамида Эвихард толщина в зоне изоляции торуса должна быть соответственно не менее 3,5 и 3,1 мм, что практически неприемлемо из-за возникающего дискомфорта пациента [9, 10]. Поэтому такие

Таблица 2. Минимально допустимые параметры базисов протезов в зоне изоляции верхнечелюстного торуса

Наименование, изготовитель	Минимальная допустимая толщина, мм
Белакрыл-М ГО, Владмива	2,33
Белакрыл-Э ГО, Владмива	2,43
Нолатек, Владмива	3,45
Пенталур, НПО Альтернатива	2,34
Эвихард, Эвидент Плюс	3,10
Белфлекс, Владмива	2,72

материалы, по нашим данным, не следует применять для изготовления разнотолщинного полного съемного протеза при наличии выраженного небного торуса.

В настоящий момент мы проводим клиническую апробацию предложенного метода профилактики переломов базисов полных съемных протезов при выраженном торусе. Под нашим динамическим ежемесячным наблюдением в течение 2 лет находятся 97 пациентов с полным отсутствием зубов на верхней (32 человека) челюсти и 65 человек — на обеих челюстях, которым были изготовлены съемные пластиночные протезы из материала Белакрыл-М ГО с минимальной толщиной базиса в области торуса от 2,3 мм. Высота верхнечелюстного торуса у обследованных пациентов составляла от 0,2 до 2,2 мм. Антагонистами полного съемного протеза для верхней челюсти в 65 случаев были полные съемные протезы нижней челюсти, в 23 — естественные зубы и частичные съемные протезы, в 9 случаях — несъемные мостовидные протезы с опорой на зубы. При соблюдении предложенных размерных параметров базисов полных съемных протезов для верхней челюсти мы не наблюдали ни одного случая перелома базиса протеза или возникновения срединной трещины.

ВЫВОДЫ

1. Научно обоснованной минимально допустимой толщиной базиса съемного пластиночного протеза для верхней беззубой челюсти при резко выраженном торусе является величина 2,3 мм для изученных отечественных акриловых базисных пластмасс и базисов из полиуретана Пенталур.
2. Отечественные базисные материалы Нолатек и Эвихард не следует применять у пациентов с беззубой верхней челюстью и резко выраженным торусом, так как для профилактики возможных разрушений протеза необходимо в области торуса увеличивать толщину базиса более 3 мм, что может вызывать резкий дискомфорт у пациентов.
3. Анализ математической модели системы «полный съемный пластиночный протез с изоляцией в области торуса — протезное ложе верхней челюсти» свидетельствует о том, что при имитации жевательной нагрузки максимумы напряжений возникают как в зоне истончения базиса протеза в области торуса, так и в зоне вестибулярного выреза для уздечки верхней губы. Соблюдение предложенных минимально допустимых параметров толщины базиса в области торуса служит эффективным средством профилактики срединного перелома протеза.

ЛИТЕРАТУРА /
REFERENCES:

.....

1. **Аболмасов Н.Г., Аболмасов Н.Н., Бычков В.А., Аль-Хаким А.** Ортопедическая стоматология: руководство для врачей, студ. вузов и мед. училищ. — М.: МЕДпресс-информ, 2002: 367 [Abolmasov N.G., Abolmasov N.N., Bychkov V.A., Al-Hakim A. Orthopedic dentistry: a guide for doctors and students. — Moscow: Medpress-inform, 2002: 367 (In Russ.)].
2. **Воронов И.А., Воронов А.П., Лебеденко И.Ю.** Ортопедическое лечение больных с полным отсутствием зубов. — М.: МЕДпресс-информ, 2006: 7—15 [Voronov I.A., Voronov A.P., Lebedenko I.Yu. Orthopedic treatment of patients with complete absence of teeth. — Moscow: Medpress-inform, 2006: 7—15 (In Russ.)].
3. **Gonzalez J., Malave D., Holtzclaw D.** Torus palatinus: a brief review of the literature and case report of removal. — *Journal of Implant & Advanced Clinical Dentistry*. — 2018; 1: 6—10.
4. **Cheng Y.Y., Li J.Y., Fok S.L., Cheung W.L., Chow T.W.** 3D FEA of high-performance polyethylene fiber reinforced maxillary dentures. — *Dent Mater*. — 2010; 26 (9): e211—9.
5. **Золочевский А.А., Беккер А.** Введение в ABAQUS. Методическое пособие. — Харьков, 2011: 49 [Zolochevsky A.A., Becker A. Introduction to ABAQUS. Methodological guide. — Kharkiv, 2011: 49 (In Russ.)].
6. **Копейкин В.Н., Миргазизова М.З. (ред).** Ортопедическая стоматология. — М.: Медицина, 2001: 436 [Kopeikin V.N., Mirgazizova M.Z. (eds). Orthopaedic dentistry. — Moscow: Meditsina, 2001: 436 (In Russ.)].
7. **Поздняков С.Н., Чуев В.В., Чуев В.П.** Сравнительная характеристика акриловых базисных пластмасс. — *Российская стоматология*. — 2016; 4: 1—2 [Pozdnyakov S.N., Chuev V.V., Chuev V.P. Comparative characteristics of acrylic base plastics. — *Russian dentistry*. — 2016; 4: 1—2 (In Russ.)].

8. **Альтер Ю.М., Ткачук А.-М.П., Поюровская И.Я., Сутугина Т.Ф., Огородников М.Ю.** Полиуретановый базисный материал «Пенталур» и модифицированные композиции полиуретана: сравнительная оценка физико-механических свойств. — *Стоматология*. — 2013; 1: 9—13 [Alter Yu.M., Tkachuk A.-M.P., Poyurovskaya I.Ya., Sutugina T.F., Ogorodnikov M.Yu. Polyurethane denture base material «Pentalur» and modified polyurethane compositions: comparative study of mechanical properties. — *Stomatology*. — 2013; 1: 9—13 (In Russ.)].
9. **Дубова Л.В., Маджидова Е.Р., Дзаурова М.А., Киткина Т.Б., Лебеденко И.Ю.** Ближайшие результаты применения съемных зубных протезов из нового отечественного базисного материала «Нолатек». — *Российский стоматологический журнал*. — 2016; 1: 16—9 [Dubova L.V., Madzhidova E.R., Dzaurova M.A., Kitkina T.B., Lebedenko I.Yu. Immediate results of the use of removable dentures from the new domestic basic material «Nolatec». — *Russian dental journal*. — 2016; 1: 16—9 (In Russ.)].
10. **Гусев В.Б.** Разработка и внедрение отечественных термопластов стоматологического назначения. — *Зубной техник*. — 2016; 2: 68—9 [Gusev V.B. Development and implementation of domestic thermoplastics for dental use. — *Dental technician*. — 2016; 2: 68—9 (In Russ.)].