

Р.Э. Василенко

Сравнительные физико-механические и прочностные характеристики армированных и неармированных полных съемных пластиночных протезов верхней челюсти

ГУ «Днепропетровская медицинская академия МОЗ Украины», г. Днепропетровск, Украина

Цель: разработать конструкцию армирующего элемента для базиса ПСПП ВЧ и изучить его физико-механические данные в эксперименте.

Методы. Для реализации поставленной цели исследования были изготовлены три группы фантомных образцов ПСПП ВЧ согласно форме рельефа твердого неба по классификации Шредера (соответственно I, II и III класс). В каждой группе было выполнено по тридцать протезов. Группы были разделены на две равные подгруппы (армированные и неармированные образцы) по 15 протезов в каждой.

Результаты. Анализ данных показывает, что прочностные значения армированных протезов возрастают с выраженностью свода неба: при среднем небе по сравнению с плоским – на 18 %, при глубоком – на 16 и 37 % больше, чем при среднем и плоском соответственно. Армированные протезы с плоским небом прочнее аналогичных неармированных образцов в 3,51 раза. При средне выраженном небе это значение составляет 2,99 раза, а при глубоком небе – 2,83 раза. В то же время в группе неармированных протезов образцы со средним небом прочнее образцов с плоским небом в 1,4 раза (на 39 %), протезы с глубоким небом прочнее средних в 1,2 раза (на 23 %) и мелких – в 1,7 раза (на 71 %).

Выводы. В группе неармированных образцов резко выраженная арочная форма протеза повышает его прочностные свойства на 71 % по сравнению с протезами с плоской формой неба. Однако даже такое повышение прочностных свойств за счет особенностей рельефа протезного ложа не может сравниться с повышением прочности базиса при использовании универсального армирующего элемента на 180–250 %.

Ключевые слова: верхняя челюсть, полная вторичная адентия, полный съемный протез, базис, армирование, прочность, глубина неба.

Введение

Актуальность полного съемного пластиночного протезирования на сегодня обусловлена ростом продолжительности жизни населения и увеличением количества пожилых людей с полной вторичной адентией. По данным литературы, около 50 % пожилых людей не имеют зубов [1]. Для восстановления жизненно важных функций зубочелюстного аппарата стоматологических больных с полной вторичной адентией традиционно используют полные съемные пластиночные протезы (ПСПП) [2]. По данным литературы [3], перелом базиса ПСПП верхней челюсти (ВЧ) за первые три года эксплуатации отмечается у 59,8 % больных. Армирующие элементы описаны в литературе [4, 5] без проведения прочностных исследований базисов ПСПП при окклюзионной нагрузке и без учета формы твердого неба. Некоторые из них чрезвычайно массивны, более ажурные виды арматуры не обеспечивают должную прочность, стандартные сетчатые металлические виды арматуры не добавляют базису ПСПП прочности.

Указанные проблемы позволили сформулировать **цель** данного исследования: разработать конструкцию армирующего элемента для базиса ПСПП ВЧ и изучить его физико-механические данные в эксперименте.

Задачами исследования были: определение оптимальной формы армирующего элемента базиса ПСПП, возможность изготовления ПСПП ВЧ с равномерным распределением окклюзионных нагрузок на структурные элементы протеза и экспериментальное подтверждение прочности расчетной конструкции.

Определение оптимальной формы армирующего элемента базиса ПСПП решали с использованием стандартного пакета программ, основанных на методе конеч-

ных элементов (МКЭ). Интенсивность напряжений рассчитывали по выражению Губера-Мизеса:

$$\sigma_i = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)}$$

Интенсивность деформаций для модели определяли, исходя из следующего выражения:

$$\varepsilon_i = \frac{\sqrt{2}}{2(1 + \mu)} \sqrt{(\varepsilon_x - \varepsilon_y)^2 + (\varepsilon_y - \varepsilon_z)^2 + (\varepsilon_z - \varepsilon_x)^2 + \frac{3}{2}(\gamma_{xy}^2 + \gamma_{yz}^2 + \gamma_{zx}^2)}$$

Анализ разработанной модели (рис. 1) показал, что для новой формы армирующего элемента интенсивность распределения напряжений по гребню альвеолярной дуги значительно снижается, а величина максимальных напряжений в областях межзубных промежутков уменьшается на 15–20 %. Это повышает устойчивость армированного базиса к знакопеременным нагрузкам и срок службы ПСПП. Кроме того, для новой формы армирующего элемента величина смещения протеза вследствие воздействия знакопеременных окклюзионных нагрузок для всех типов альвеолярного отростка снижается в 1,5–2 раза [6].

Анализ проводили для трех разных типов беззубой верхней челюсти (I, II и III класс по Шредеру) с разными типами нагрузки. При нагружении боковых зубов на 3D-модели усилием 108 Н под углом 45° получены следующие результаты: на модели с плоским небом (III класс по Шредеру) (рис. 2-в) очаги напряжений расположены в задней трети неба по обе стороны от срединного шва и на небном скате альвеолярного отростка в области шеек фронтальной группы зубов и премоляров. В области моляров очаги напряжений не отмечаются, однако в межзубных промежутках имеются точечные очаги с максимальными значениями напряжений. Глубокие и средние

небо (I и II классы по Шредеру) имеют идентично расположенные очаги напряжений в области небного ската альвеолярного отростка по всей длине зубного ряда и в межзубных промежутках, однако с окраской меньшей интенсивности (рис. 2-а, б).

Показатели НДС на модели II класса повышены по сравнению с моделью I класса на 18,9 %, а на модели III класса по сравнению с моделью II класса – на 28,6 %. В очагах максимальных напряжений повышение отмечается соответственно на 9,8 и 10,1 %. При сравнении I и III классов видно, что напряжения возрастают на 42,1 и 18,9 % соответственно. Проведенные расчеты позволили разработать форму армирующей конструкции для базиса полного съемного протеза в форме арки, расположенной

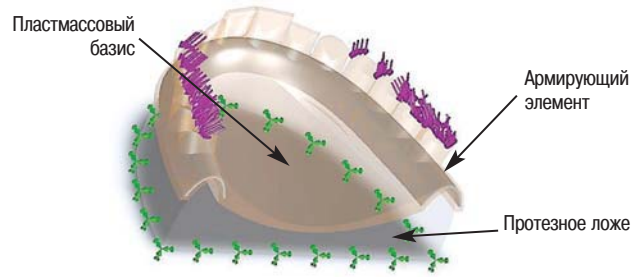


Рис. 1. Трехмерная компьютерная модель зубного протеза с предлагаемой формой армирующего элемента.

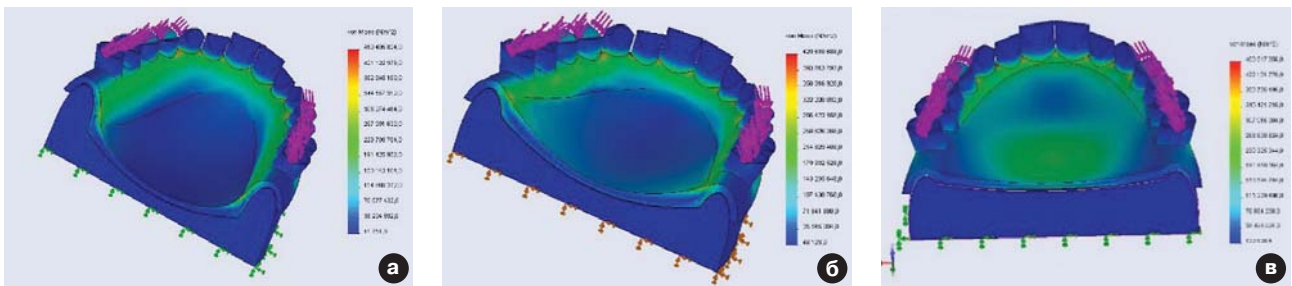


Рис. 2. Нагрузка под углом 45° на окклюзионные поверхности премоляров и моляров: а) модель с глубоким небом; б) модель со средним небом; в) модель с плоским небом.



Рис. 3. Универсальный армирующий элемент для базиса ПСПП.



Рис. 4. Целлюлозой армирующий элемент с технологическими штифтами на гипсовой модели.



Рис. 5. Пространственная фиксация шины в чашке с помощью технологических штифтов.



Рис. 6. Образцы экспериментальных зубных протезов с армированным и неармированным базисом.

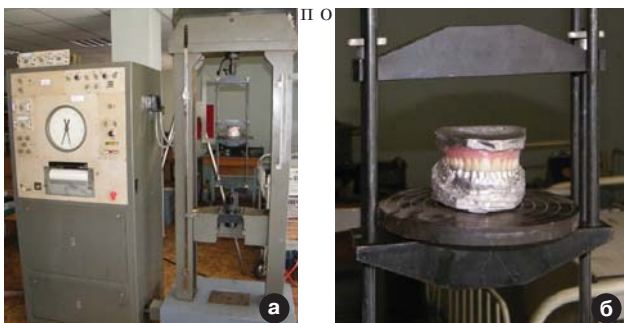


Рис. 7. Машина FU-10 000 eZ (а) с помещенным в нее испытуемым образцом (б).

ребро альвеолярного отростка и имеющей перфоративные отверстия для снижения веса и усиления ретенции (декл. пат. UA № 84455 от 25.10.2013 г.). В поперечном соединении в области дистального отдела базиса (по линии «А») нет необходимости, так как на прочностные свойства армирующего элемента это влияния не оказывает (рис. 3). Армирующий элемент имеет ажурный вид, но усилен в местах частых поломок согласно статистическим данным, компьютерному 3D-моделированию и клиническим испытаниям.

Пространственная фиксация арматуры на технологических штифтах не требует изменения рельефа протезного ложа и гарантирует точное размещение внутри базиса протеза, сокращает время адаптации больного к протезу и количество посещений врача. Охват стенками арматуры

Результаты проведенных измерений разрушения исследуемых образцов

Показатель	Мелкое небо		Среднее небо		Глубокое небо	
	Арм.	Неарм.	Арм.	Неарм.	Арм.	Неарм.
M±m, кг/с	389,4±6,3	111,0±3,6	459,7±3,6	153,7±2,0	534,5±7,6	189,2±3,3
Δ, кг/с, %	278,4 (251 %)		306,0 (199 %)		345,3 (183 %)	
p	< 0,001		< 0,001		< 0,001	

Примечание: Δ – изменение среднего значения (M) показателя по сравнению с неармированным образцом;

p – достоверность различий с неармированным образцом.

альвеолярного гребня орально и вестибулярно препятствует возникновению трещин, берущих начало с вестибулярной стороны, и дает армирующему элементу максимальную прочность за счет формы арки. Мы разработали способ фиксации цельнолитого армирующего элемента внутри базиса ПСПП ВЧ (декл. пат. № 54395 от 10.11.2010 г.). Арматуру фиксируют в гипсе технологическими штифтами, которые отлиты одним целым с ней, а на этапе обработки штифты срезают на уровне поверхности базиса протеза (рис. 4). Ретенционные штифты длиной 10–12 мм расположены на поверхности шины, не прилегающей к протезному ложу.

При формовке базисной пластмассы в кювету обратным методом конвергирующие штифты прочно фиксируются в гипсе, заполнившем верхнюю часть кюветы (рис. 5).

Материалы и методы

Для реализации поставленной цели исследования были изготовлены три группы фантомных образцов ПСПП ВЧ согласно форме рельефа твердого неба по классификации Шредера (соответственно I, II и III класс). В каждой группе было выполнено по тридцать протезов. Группы были разделены на две равные подгруппы (армированные и неармированные образцы) по 15 протезов в каждой (рис. 6).

Неразрушающимися зубами-антагонистами нижней челюсти служила модель, отлитая из легкоплавкого сплава (мелота). Данный сплав в силу своих высоких пластичных свойств препятствовал разрушению модели зубов-антагонистов и позволял создать максимально плотный фиссурно-бугорковый контакт с испытуемыми образцами. Для моделирования максимального приближения к условиям полости рта (рельефа и податливости слизистой оболочки протезного ложа) использовали модели ВЧ из мелота, покрытые мягкой пластмассой для перебазировки съемных протезов фирмы «Zetmark». Методика изготовления опытной модели для имитации свойств слизистой оболочки запатентована авторами, получена приоритетная справка. На модель верхней челюсти надевали испытуемый протез с арматурой или без нее, после чего протез сопоставляли в окклюзионном контакте с неразрушающейся моделью нижней челюсти из мелота, устанавливали в испытательную машину FU-10000 eZ № 13/78 (Германия) и проводили прямые измерения разрушающих усилий образцов протезов с точным дозированием нагрузки (до 0,01 кг) (рис. 7-а, б). Исследования проводили на базе Днепропетровского регионального государственного научно-технического Центра стандартизации, метрологии и сертификации под руководством инженера-метролога.

Результаты исследования и их обсуждение

Данные о максимальных нагрузках разрушения испытуемых образцов ПСПП ВЧ с армирующим элементом сопоставляли с неармированными образцами аналогичной формы.

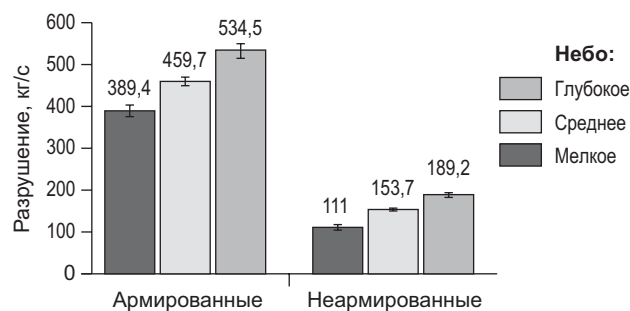


Рис. 8. Средние показатели разрушения (M, 95% ДИ) зубных протезов с армированным и неармированным базисом.

На испытуемые образцы подавалась дозированная нагрузка до появления видимых разрушений базиса протеза. Неармированные образцы сразу разрушались по характерным линиям разлома, описанным в литературе [7]. В армированных образцах сначала появлялись трещины и лишь при значительном увеличении нагрузки образец разрушался. Результаты проведенных измерений представлены в таблице.

Анализ данных таблицы показывает, что разница в усилиях полного разрушения армированных и неармированных испытуемых образцов с мелким небом составляет 278,4 кг/с, образцов со средним небом – 306,0 кг/с, а образцов с глубоким небом – 345,3 кг/с. Армированные протезы с плоским небом прочнее аналогичных неармированных образцов в 3,51 раза. При среднем выраженном небе это значение составляет 2,99 раза, а при глубоком небе – 2,83 раза.

Кроме того, величины разрушающей нагрузки во всех образцах сильно коррелируют с формой неба (коэффициент корреляции Спирмена (r) равен 0,941; p < 0,001). Прочностные значения армированных протезов возрастают с выраженностью свода неба: при среднем небе по сравнению с плоским на 18 %, при глубоком – соответственно на 16 и 37 % больше, чем при среднем и плоском. В то же время в группе неармированных протезов образцы со средним небом прочнее образцов с плоским небом в 1,4 раза (на 39 %), протезы с глубоким небом прочнее средних в 1,2 раза (на 23 %) и мелких – в 1,7 раза (на 71 %) (рис. 8). Можно предположить, что в группе неармированных образцов резко выраженная арочная форма протеза повышает его прочностные свойства на 71 % по сравнению с плоской формой неба. Однако даже такое повышение прочностных свойств за счет особенностей рельефа протезного ложа не может сравниться с повышением прочности базиса при использовании универсального армирующего элемента на 180–250 %.

Помимо повышения механических прочностных свойств и предотвращения перелома базиса вследствие окклюзионных нагрузок необходимо также учитывать

снижение подвижности краев протеза при знакопеременных нагрузках на базис во время функции жевания, что улучшает фиксацию протеза в клапанной зоне и снижает риск образования дубликатур слизистой оболочки протезного ложа.

Заклучение

Анализ данных проведенного эксперимента показал, что разработанная авторами конструкция универсально армирующего элемента значительно снижает интенсивность напряжений в области гребня альвеолярной дуги, давая возможность базису протеза противостоять

гораздо большему жевательному давлению. Полученные в эксперименте результаты подтверждают прогнозы трехмерного компьютерного моделирования для изучения напряженно-деформированных состояний ПСПП ВЧ. Предлагаемая армирующая конструкция позволяет продлить срок службы полного съемного протеза верхней челюсти, устранить нежелательные осложнения и повысить экономический эффект лечения стоматологических больных с полной вторичной адентией. Предлагаемая форма армирующего элемента для базиса ПСПП позволяет уменьшить габариты и вес армированной конструкции, увеличив при этом ее прочностные качества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронов А.П. Ортопедическое лечение больных с полным отсутствием зубов / А.П. Воронов, А.Ю. Лебеденко, И.А. Воронов. – М., 2006. – С. 1.
2. Танрыкулиев П. Т. Клиника и протезирование больных с беззубыми челюстями / П.Т. Танрыкулиев. – Ашхабад: Магарыф, 1988. – С. 256.
3. Василенко Р.Э. Статистический анализ эксплуатационного периода пользования полными съемными протезами в промышленном регионе / Р.Э. Василенко // Вісник стоматології. – 2012. – № 1. – С. 92.
4. Свердлов Э.Ю. Съемные пластмассовые протезы, армированные металлом / Э.Ю. Свердлов // Стоматология. – 1960. – № 1. – С. 49.
5. Мирсаев Т.Д. Опыт протезирования пластиночными протезами с литым металлическим базисом / Т.Д. Мирсаев, В.А. Стрижаков // Достижения, нерешенные проблемы и перспективы развития стоматологии на Урале. Итоговая научно-практическая конференция: Материалы. – Екатеринбург 1999. – С. 98–99.
6. Фастовец Е.А. Биомеханический расчет конструкции армирующего элемента полного съемного протеза верхней челюсти / Фастовец Е.А., Громов О.В., Василенко Р.Э., Дехтярев В.С. // Современная стоматология. – 2013. – № 4. – С. 158–160.
7. Писаренко О.А. Переломы базисів знімних пластинкових протезів / О.А. Писаренко // Вісник стоматології. – 2008. – № 1. – С. 102.

Порівняльні фізико-механічні та міцнісні характеристики армованих і неармованих повних знімних протезів верхньої щелепи

Р.Е. Василенко

Мета: розробити конструкцію армувального елемента для базису ПЗПП ВЩ й вивчити його фізико-механічні дані експериментально.

Методи. Для реалізації поставленої мети дослідження були виготовлені три групи фантомних зразків ПЗПП ВЩ згідно з формою рельєфу твердого піднебіння за класифікацією Шредера (відповідно I, II і III клас). У кожній групі було виконано по тридцять протезів. Групи були розділені на дві рівні підгрупи (армовані й неармовані зразки) по 15 протезів у кожній.

Результати. Аналіз даних показує, що міцнісні значення армованих протезів зростають з виразністю зводу піднебіння: при середньому піднебінні в порівнянні із плоским – на 18 %, при глибокому – на 16 і 37 більше, ніж при середньому та плоскому відповідно. Армовані протези з плоским піднебінням міцніше аналогічних неармованих зразків у 3,51 разу. При середньо вираженому піднебінні це значення становить 2,99 разу, а при глибокому піднебінні – 2,83 разу. У той же час у групі неармованих протезів зразки із середнім піднебінням міцніше зразків із плоским піднебінням в 1,4 разу (на 39 %), протези із глибоким піднебінням міцніше середніх в 1,2 разу (на 23 %) і дрібних – в 1,7 разу (на 71 %).

Висновки. У групі неармованих зразків різко виражена арочна форма протезу підвищує його міцнісні властивості на 71 % порівняно із протезом із плоскою формою піднебіння. Однак навіть таке підвищення міцнісних властивостей за рахунок особливостей рельєфу протезного ложа не може зрівнятися з підвищенням міцності базису при використанні універсального армувального елемента на 180–250 %

Ключові слова: верхня щелепа, повна вторинна адентія, повний знімний протез, базис, армування, міцність, глибина піднебіння

Comparative physical and mechanical strength reinforced and unreinforced characteristics full removable plate dentures upper jaw

R. Vasilenko

Objective: to develop a design basis for reinforcing element full denture for upper jaw and explore its physical and mechanical data in the experiment.

Methods. In order to accomplish the objectives of the study were made three groups of samples full dentures phantoms for upper jaw according to the shape of the relief of the hard palate classification Schroeder (respectively I, II and III class). Each group holds 30 prostheses. Groups were divided into two equal subgroups (reinforced and unreinforced samples) for each prosthesis 15.

Results. Analysis of the data shows that the strength values increase with reinforced prostheses expression reduces palate: the average compared with the palate flat – 18 %, by deep – 16 or 37 % more than at the middle and flat, respectively. Reinforced dentures flat palate firmer similar unreinforced samples in 3.51 times. At mid palate expressed this value is 2.99 times, and with a deep palate – 2.83 times. At the same time, the prosthetic group unreinforced samples durable palate middle flat palate samples 1.4 times (39 %), prostheses durable palate deep average of 1.2 times (23 %) and small – 1,7-fold (71 %).

Conclusions. In the group of samples unreinforced pronounced arched shape of the prosthesis increases its strength properties at 71 % compared to the flat shape of the palate. However, even such an increase in strength properties due to topography prosthetic bed can't be compared with an increase in the strength of the base using universal reinforcing element to 180–250 %.

Key words: upper jaw, full secondary adentia, full denture, foundation, reinforcement, the strength, the depth of the palate.

Василенко Руслан Едуардович – ассистент кафедры ортопедической стоматологии ГУ "ДМА МОЗ Украины".

Адрес: 49006, Украина, г. Днепрпетровск, ул. Юрия Савченко, д.4, кв.25.

Тел. дом.: (056) 242-43-98, тел. моб.: (067) 562-24-90.

E-mail: denta@ua.fm.