



DOI: 10.15593/RZhBiomeh/2020.1.03

УДК [53:57:61+004](082)

БИОМЕХАНИЧЕСКИЙ ПОДХОД К СТОМАТОЛОГИЧЕСКОМУ ОРТОПЕДИЧЕСКОМУ ЛЕЧЕНИЮ ПАЦИЕНТОВ С ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫМ ДЕФЕКТОМ ВЕРХНЕЙ ЧЕЛЮСТИ

З.Л. Шанидзе¹, С.А. Муслов², А.С. Арутюнов³, Н.Б. Асташина⁴, С.Д. Арутюнов

¹ Городская поликлиника № 209 Департамента здравоохранения города Москвы, Российская Федерация, 119607, Москва, ул. Раменки, 29, e-mail: shani85@yandex.ru

² Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова Министерства здравоохранения Российской Федерации, Российская Федерация, 127473, Москва, ул. Делегатская, 20/1, e-mail: muslov@mail.ru

³ Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии Министерства здравоохранения Российской Федерации, Российская Федерация, 119991, Москва, ул. Тимура Фрунзе, 16, e-mail: as.arutyunov@rambler.ru

⁴ Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера Министерства здравоохранения Российской Федерации, Российская Федерация, 614000, Пермь, ул. Петропавловская, 26, e-mail: astashina.nb@mail.ru

⁵ Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Российская Федерация, 614990, Пермь, Комсомольский проспект, 29, e-mail: nikitinvladislav86@gmail.com

Аннотация. Замещение послеоперационного дефекта верхней челюсти онкологического генеза у пациентов с полным отсутствием зубов сложная задача. По результатам механических испытаний конструкционных материалов и имитационного компьютерного моделирования биомеханики челюстного протеза-обтуратора авторы создали усовершенствованные конструкции обтуратора с заданными конструктивными характеристиками, что обеспечило эффективность стоматологического ортопедического лечения этой категории пациентов.

Ключевые слова: дефект верхней челюсти онкологического генеза, полное отсутствие зубов, прочностные характеристики конструкционных материалов, математическое моделирование, биомеханика челюстного протеза-обтуратора, усовершенствованные конструкции обтураторов.

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на достижения современной стоматологической науки, материаловедения и промышленности, одной из нерешенных проблем остается эффективность реабилитации пациентов с послеоперационным дефектом верхней челюсти онкологического генеза и полным отсутствием зубов [1, 2, 4, 22, 24].

Эффективность протезирования этой категории пациентов определяется балансом между надежностью фиксации протеза, полноценностью обтурации ороназального и/или ороантрального дефектов и комфортом эксплуатации конструкции [12, 13, 20, 21].

© Шанидзе З.Л., Муслов С.А., Арутюнов А.С., Асташина Н.Б., Арутюнов С.Д., 2020

Шанидзе Зураб Леванович, врач-стоматолог, Москва

Муслов Сергей Александрович, д.б.н., профессор кафедры нормальной физиологии и медицинской физики, Москва

Арутюнов Анатолий Сергеевич, д.м.н., в.н.с., Москва

Асташина Наталия Борисовна, д.м.н., заведующая кафедрой ортопедической стоматологии, Пермь

Арутюнов Сергей Дарчоевич, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой пропедевтики стоматологических заболеваний, Москва

Протезирование больных с полным отсутствием зубов и послеоперационным дефектом верхней челюсти онкологического генеза традиционными конструкциями протезов-обтураторов малоэффективно [3, 11, 14, 15, 24, 26].

Наряду с конструктивными особенностями челюстных протезов-обтураторов важны физико-механические свойства эластичных конструкционных материалов, обеспечивающих постоянство их эксплуатационных характеристик, эффективную ретенцию и стабилизацию на челюсти с послеоперационным дефектом, способствующих повышению результативности проводимого стоматологического ортопедического лечения. Кроме того, сегодня для изучения проблем повышения эксплуатационной эффективности конструкций челюстных протезов-обтураторов всё шире применяется математическое моделирование, которое невозможно осуществить без знаний механических характеристик конструкционных материалов, используемых в технологии изготовления обтураторов и базисов челюстных протезов [1, 3, 8, 11, 14, 15, 17, 21, 22].

Обозначенные проблемы реабилитации пациентов с послеоперационными дефектами беззубой верхней челюсти должны решаться путем повышения функциональной эффективности протезов-обтураторов, разработанных с обязательным привлечением математического моделирования, с учетом особенностей клинической картины, механических характеристик конструкционных материалов и их обоснованного выбора, с обязательным использованием современных стоматологических технологий.

Целью исследования является совершенствование стоматологического ортопедического лечения пациентов с послеоперационными дефектами верхней челюсти онкологического генеза и полным отсутствием зубов путем научно обоснованного применения усовершенствованных конструкций челюстных протезов-обтураторов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для решения поставленных задач использовались современные подкладочные эластичные силиконовые и акриловые конструкционные материалы: *Elite Soft Relining* (фирмы *Zhermack/Италия*), *Mollosil*[®] (фирмы *DETAXGmbH&Co.KG*, Германия), ГосСил (силиконовый материал горячей полимеризации, Россия), *COE SOFT*[™] (США).

Материалы для фиксирующей части протезов-обтураторов были исследованы с точки зрения их физико-механических и реологических характеристик, которые вместе с предложенными геометрическими параметрами обтуратора челюстных протезов по результатам моделирования определили их функциональную эффективность и явились, таким образом, весьма информативными.

Посредством универсальной испытательной машины *ZWICK Z100* (Англия) были проведены испытания физико-механических и реологических свойств материалов, используемых в технологии челюстных протезов-обтураторов, по следующим программам экспериментов: сжатие при различных скоростях деформации (максимальное значение деформации 40%); предварительное нагружение с максимальной скоростью до значений деформации 20% для исследований релаксации напряжений и ползучести; циклическое нагружение (до 1000 циклов).

В экспериментах определяли: упругий модуль Юнга (E); скоростную чувствительность (зависимость вида кривой нагружения σ – ϵ от скорости нагружения); время релаксации; вязкость; ползучесть; циклическую стойкость материалов (зависимость вида кривой нагружения от числа циклов нагружения). Образцы для механических испытаний изготавливали по ГОСТ 4651-82.

Имитационное моделирование эксплуатационных характеристик конструкций зубных протезов-обтураторов проводили методом конечных элементов [16]. Метод конечных элементов, являясь модификацией метода Ритца [10], наиболее эффективен для решения подобных задач.

Для выполнения серии численных экспериментов и анализа функциональной эффективности фиксирующей части обтуратора нами была предложена имитационная модель «обтуратор челюстного протеза – слизистая оболочка края дефекта верхней челюсти», обладающая определенными физическими и математическими параметрами. При создании математической модели были выбраны три основных контролируемых параметра (два силовых – усилия при введении и выведении протеза, и один барический – максимальное давление на слизистую оболочку края дефекта верхней челюсти в процессе введения и извлечения протеза):

– усилие, необходимое для введения обтуратора челюстного протеза в дефект челюсти протеза P_{inrit} ;

– усилие, необходимое для извлечения обтуратора P_{outrit} ;

– возникающее максимальное давление на слизистую оболочку края дефекта верхней челюсти в процессе введения и извлечения протеза Q .

Причем

– P_{inrit} необходимо минимизировать для облегчения пользования протезом при регулярных (ежедневных) гигиенических процедурах;

– P_{outrit} должно быть, с одной стороны, ограничено некоторым значением $P_{outrit\ крит2}$ для облегчения регулярного пользования в гигиенических целях, с другой стороны, оно должно быть достаточным для фиксации челюстного протеза в процессе артикуляции зубочелюстного аппарата с усилием (большим, чем некоторое усилие $P_{outrit\ крит1}$);

– Q не должно превышать давления, вызывающего боль и травму слизистой оболочки протезного ложа, что должно способствовать ускорению адаптации больных к челюстному протезу-обтуратору.

Считали, что компрессия слизистой оболочки подчиняется закону Гука, т.е. между давлением, напряжением и деформацией существует линейная зависимость. В результате базовая модель была формализована нами в виде системы из двух силовых и одного барического (для давления) неравенств:

$$\begin{cases} P_{inrit} \leq P_{inrit\ крит} \\ P_{outrit\ крит1} \leq P_{outrit} \leq P_{outrit\ крит2} \\ Q \leq Q_{крит} \end{cases} \quad (1)$$

Как видно, данная система критериев представляет собой неравенства, часть которых отвечает требованиям надежности фиксации протеза, другая – требованиям непревышения заданного порога нагрузки, отсутствия травм слизистой оболочки, комфортности использования челюстных протезов-обтураторов после проведенного лечения. Полный и точный количественный анализ системы неравенств (1) не представляется возможным, однако мы можем сделать весьма конкретные оценки, основанные на следующих положениях. Неравенства $P_{inrit} \leq P_{inrit\ крит}$ и $P_{outrit} \leq P_{outrit\ крит2}$ содержат мануальные усилия, которые в принципе задаются больными вручную при установке и извлечении челюстного протеза. Следовательно, рабочим считаем силовое неравенство

$$P_{\text{оутрит}}_{\text{крит1}} \leq P_{\text{оутрит}}, \quad (2)$$

которое отражает надежность фиксации протеза (тогда как остальные неравенства описывают только комфорт использования протезов).

Барическое неравенство рассматривается отдельно.

Таким образом, благодаря методу имитационного моделирования удастся свести задачу повышения эффективности лечения больных с приобретенными дефектами верхней челюсти при отсутствии зубов протезами с obturаторами из подкладочных материалов к анализу системы неравенств.

Физическая часть модели в виде выступа, фиксирующего протез-obтуратор и край дефекта, была представлена механически однородными и изотропными средами с упругими свойствами.

Авторами было проведено скрининговое обследование 116 пациентов в профильных отделениях ФГБУ ЦНИИС и ЧЛХ Минздрава России; ГБУ ДЗ г. Москвы «Челюстно-лицевой госпиталь для ветеранов войн»; челюстно-лицевой, пластической хирургии, экто- и эндопротезирования ЦС и ЧЛХ ФГБОУ ВО МГМСУ имени А.И. Евдокимова Минздрава России; ФГУ «Российский онкологический медицинский центр им. Н.Н. Блохина РАМН»; ГБУЗ «Городская поликлиника № 209 филиал № 158» ДЗ г. Москвы в период с 2009 по 2016 г.

На основании критериев включения, невключения и исключения из них были отобраны 34 пациента (16 женщин и 18 мужчин в возрасте 54–78 лет), ранее протезированных челюстными протезами-obтураторами разных конструкций из акриловых базисных конструкционных материалов.

Для статистической обработки результатов механических и клинических испытаний применяется метод доверительных интервалов на принятом уровне значимости. Применяются параметрические и непараметрические статистические методы исследований [7].

Объем выборок для испытаний рассчитывается по формуле Лера [23].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Эксперименты показывают, что по физико-механическим и реологическим свойствам силиконовые материалы *Elite Soft Relining*, *Mollosil®* и ГосСил весьма близки друг к другу. Значения E (модуля Юнга) силиконовых материалов составляют: *Elite Soft Relining* ($1,71 \pm 0,08$) МПа, *Mollosil®* ($0,80 \pm 0,02$) МПа, ГосСил ($0,75 \pm 0,03$) МПа.

Численный сравнительный анализ контролируемых параметров крепления протеза-obтуратора для выбранных конструкционных материалов выполняется в несколько этапов на модели «obтуратор челюстного протеза – слизистая оболочка края дефекта верхней челюсти».

Варьируются различные геометрические характеристики фиксирующего выступа (высота, ширина, приведенный радиус) для каждого из выбранных эластичных материалов. Таким образом, имитационное моделирование проводится в 4-мерном параметрическом пространстве – геометрических размеров обтуратора челюстного протеза и упругих свойств материалов, из которых он был выполнен.

Использовали обозначения: Δs – величина, на которую выступает относительно массивной части фиксирующий выступ; m – ширина уступа на внешнем контуре (на внутреннем контуре ширина уступа варьирует в зависимости от топографии и величины ороназального дефекта); n – величина утолщения небной части протеза после фиксирующего выступа; R – радиус, характеризующий кривизну поверхности обтуратора челюстного протеза, используемого для замещения ороназального и оронтрального дефекта (рис. 1).

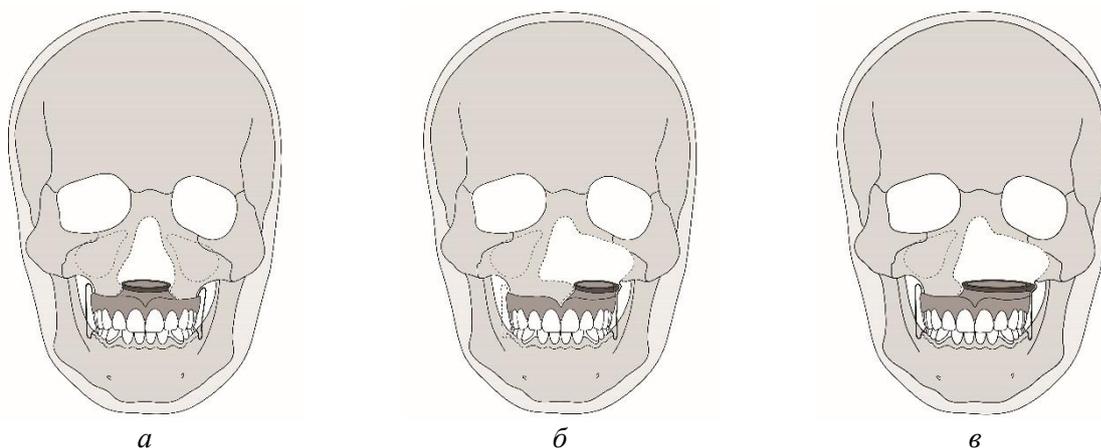


Рис. 1. Схема челюстного протеза-обтуратора в фиксированном состоянии и увеличенный фрагмент с геометрическими характеристиками фиксирующего выступа: *а* – срединный дефект неба; *б* – дефект части левой верхней челюсти; *в* – дефект всей левой челюсти

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ результатов изучения физико-механических и реологических свойств силиконовых и акриловых материалов позволил установить, что упругие модули эластичных материалов *Mollosil®* и ГосСил по величине оказались примерно равны, а у материала *Elite Soft Relining* – приблизительно в два раза выше (рис. 2).

Все силиконовые материалы вели себя практически упруго (псевдоупруго) при деформациях до 40%. Релаксация при начальной деформации 20% в течение 10 мин не превышала 5–6%, а динамическая вязкость силиконовых материалов достаточно велика (от 5,13 до 16,61 ГПа·с). Скоростная чувствительность материалов практически отсутствовала при изменении скорости нагружения на два порядка (в 100 раз). Эксперименты на малоцикловое нагружение показали, что минимальное влияние циклическое нагружение оказывает на материал *Mollosil®*. Скорость ползучести силиконовых материалов составляла в среднем около 0,02 %/мин.

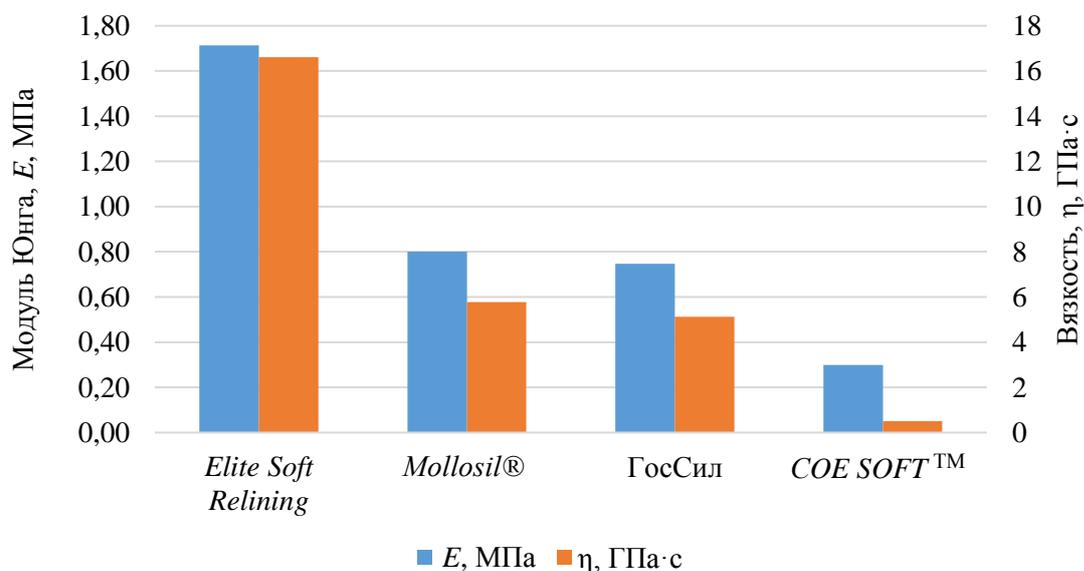


Рис. 2. Модуль Юнга E и вязкость η силиконовых и акрилового материалов по результатам механических испытаний

При фиксированной скорости нагружения зависимость напряжение-деформация практически линейная, а модуль Юнга имеет значение $(0,30 \pm 0,03)$ МПа, что существенно меньше, чем у всех силиконовых материалов.

Материал *COE SOFT*TM продемонстрировал явно выраженные реологические свойства – большую скоростную чувствительность и значительную релаксацию напряжений. Вязкость материала *COE SOFT*TM была значительно ниже, чем у всех силиконовых материалов, например более чем в 100 раз в сравнении с силиконом *Elite Soft Relining* (см. рис. 2). При этом ползучесть акрилового материала *COE SOFT*TM, наоборот, значительно выше, т.е. уровень временной стабильности механических свойств образцов из акрилового материала *COE SOFT*TM был существенно ниже, чем образцов из силиконовых материалов *Elite Soft Relining*, *Mollosil*[®] и ГосСил.

Таким образом, выявлено, что по совокупности реологических характеристик временная стабильность механических свойств всех исследованных силиконовых материалов выше, чем у акрилового материала.

Основные результаты имитационного моделирования параметров крепления протеза-обтуратора для изученных конструкционных материалов представлены на рис. 3–5.

На первом этапе моделирования варьировали параметры (высоту) выступа $\Delta s = \{0,5; 1,0; 1,5 \text{ мм}\}$ и изучали давление на поверхность слизистой оболочки (г/мм^2) края дефекта (рис. 3).

Предварительно нами было показано, что величина выступающей части обтуратора ($n = 2 \text{ мм}$) обеспечивает примерное равенство усилий для установки и снятия протеза при расположении дефекта в центре нёба. В случае расположения дефекта в левой или правой верхней челюсти размер выступа может варьироваться в пределах 6–12 мм. Это максимально достижимый касательный эффект, так как во всех случаях в связи с наличием массивной части протеза с язычной стороны получается, что $P_{input} \leq P_{output}$. В дальнейших расчетах полагали $n = 2 \text{ мм}$.

На втором этапе оценивали влияние ширины выступа $m = \{1; 2; 3 \text{ мм}\}$ при постоянных значениях высоты выступа $\Delta s = 1,0 \text{ мм}$ и приведенного радиуса $R = 10 \text{ мм}$ (см. рис. 4).

На третьем этапе анализировали влияние на контролируемые параметры приведенного радиуса $R = \{10; 20; 25 \text{ мм}\}$, характеризующего кривизну края дефекта нёба (см. рис. 5). При этом полагали, что $\Delta s = 1,0 \text{ мм}$ и $m = 2 \text{ мм}$.

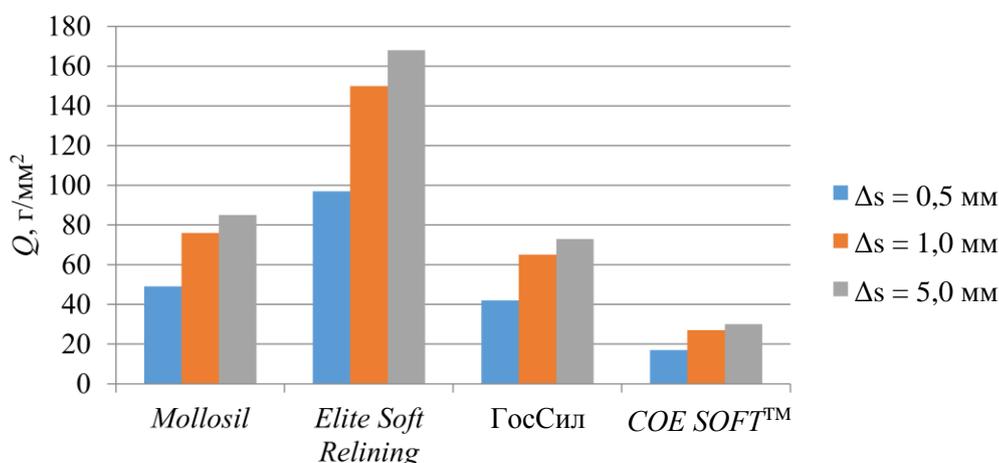


Рис. 3. Давление на поверхность слизистой оболочки (г/мм^2) края дефекта в зависимости от высоты выступа Δs и конструкционного материала обтуратора челюстного протеза

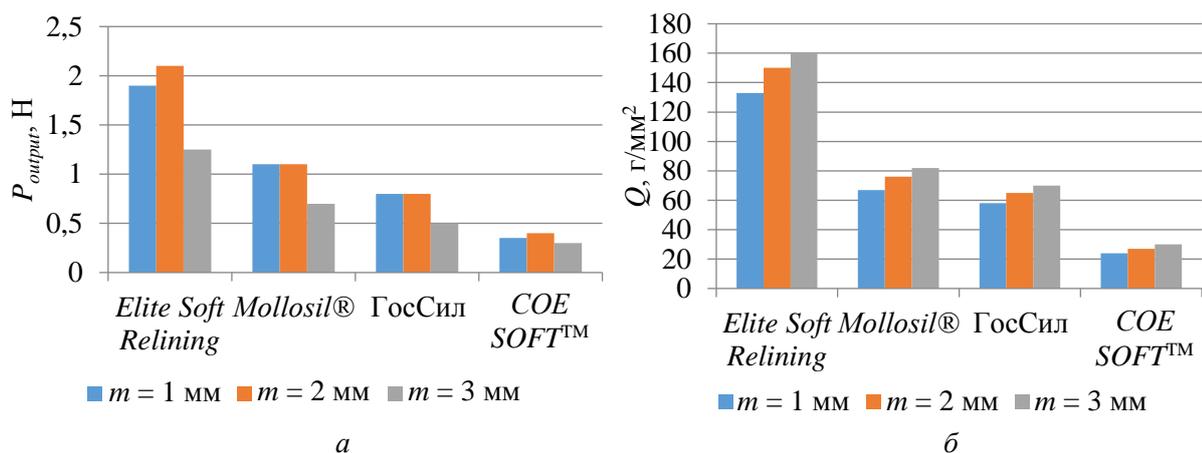


Рис. 4. Усилие извлечения (Н) (а) и давление на поверхность слизистой оболочки ($г/мм^2$) края дефекта (б) в зависимости от ширины выступа m и материала obturatora челюстного протеза

Выполненные расчеты показали, что, вероятнее всего, неравенству (2), взятому за основу анализа, удовлетворяет материал с самым большим на всех этапах анализа значением P_{output} , а именно *Elite Soft Relining*.

Именно челюстные протезы с эластичным obturatorом из силикона *Elite Soft Relining* обеспечивают наибольшую надежность фиксации протеза при функциональных нагрузках.

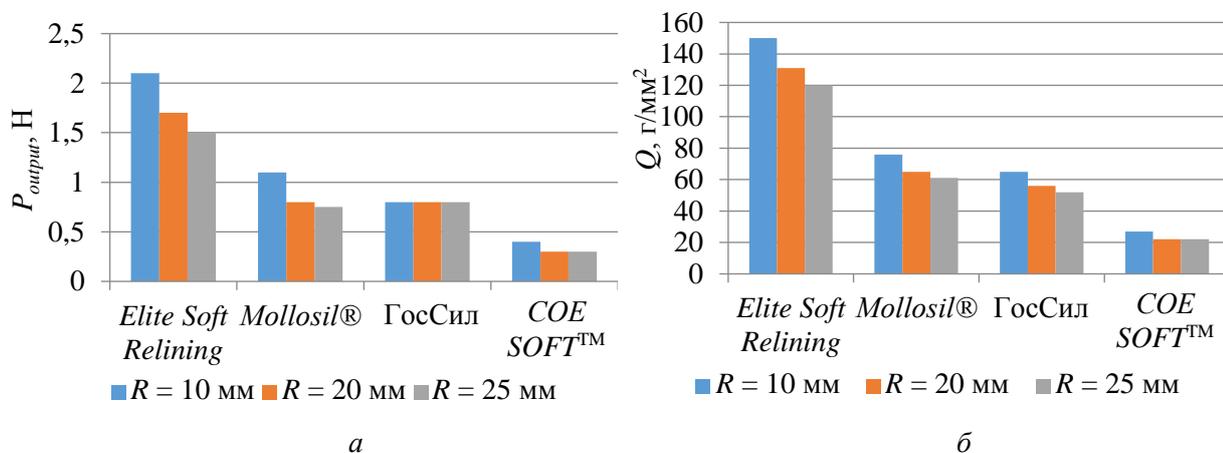


Рис. 5. Усилие извлечения (Н) (а) и давление на поверхность слизистой оболочки ($г/мм^2$) края дефекта (б) в зависимости от величины приведенного радиуса R obturatora челюстного протеза из различных конструкционных эластичных материалов

Вернемся к анализу системы неравенств, а именно к третьему неравенству системы для давления на слизистую оболочку протезного ложа obturatora челюстного протеза. Для больных с высокой чувствительностью слизистой оболочки протезного ложа и поля (низкими значениями $Q_{крит}$) надо также учитывать необходимость выполнения условия для давления на слизистую оболочку – барический критерий. По имеющимся данным [9], величина $Q_{крит}$ может быть принята равной $Q_{крит} = 20 \div 75$ $г/мм^2$. Схожие сведения представлены и в работах других исследователей [5, 19].

В результате для эластичного материала *Elite Soft Relining* условия для давления заведомо не выполнимы (рис. 3; 4, б; 5, б; 6). Однако этого нельзя сказать о других использованных в численных испытаниях материалах *Mollosil*[®], ГосСил и *COE SOFT*[™], что делает их привлекательными для изготовления obturators с точки зрения барического критерия.

Как видно из рис. 6, челюстные протезы с obturatorом из *Mollosil*[®], ГосСил и *COE SOFT*[™] по величине давления на слизистую оболочку «падают» внутрь потенциально безболевого зоны при воздействии на слизистую оболочку верхней челюсти, тогда как челюстные протезы с obturatorом из *Elite Soft Relining* заведомо оказываются вне этой зоны.

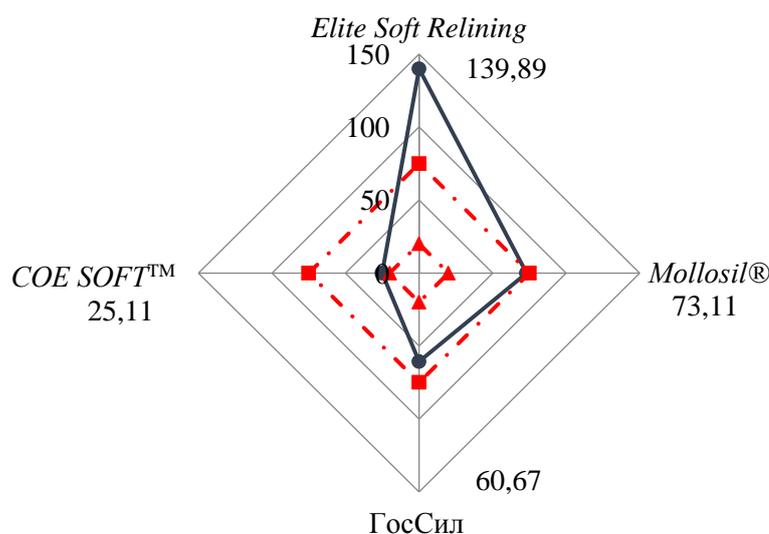


Рис. 6. Зависимость усредненного по всем изученным параметрам (Δs , m и R) давления на слизистую оболочку края дефекта Q , г/мм², от конструкционного материала obturатора челюстного протеза (черная линия). Между красными линиями – порог болевой чувствительности слизистой оболочки (по литературным данным). Внутренний квадрат – область имитационного моделирования, для множества точек которой болевой порог слизистой оболочки однозначно не достигается

По совокупности полученных в результате имитационного моделирования данных доказано, что материал *Elite Soft Relining* обеспечивает лучшую obturацию и тем самым фиксацию челюстных протезов при функциональных нагрузках, и, несмотря на худшие барические характеристики, его следует считать лучшим из изученных эластичных подкладочных материалов для оптимальной фиксации конструкций.

В условиях повышенной болевой чувствительности слизистой оболочки целесообразно использовать материалы *Mollosil*[®], ГосСил и *COE SOFT*[™] (с точки зрения барического критерия). Материал *COE SOFT*[™] применять для изготовления креплений протеза-obturатора не рекомендуется из-за низкой вероятности выполнения неравенства $P_{\text{оутрит крит1}} \leq P_{\text{оутрит}}$. Высотой выступа Δs , шириной выступа m и приведенным радиусом R можно эффективно регулировать оптимальное для каждого пациента соотношение между жесткостью (значит, надежностью) фиксации протеза и комфортом его эксплуатации, связанное с индивидуальным болевым порогом при давлении на слизистую поверхность края дефекта верхней челюсти. В процессе имитационного моделирования установлено, что модуль упругости Юнга эластичных материалов может служить весьма информативным прогностическим фактором

для определения функциональной эффективности челюстного протеза и одним из основных критериев при выборе конструкционного материала obturатора, фиксирующего конструкцию.

Результаты описанного выше численного моделирования механических усилий и давлений на слизистую оболочку полости рта были использованы при усовершенствовании конструкции челюстного протеза-obтуратора [14], при этом учитывались индивидуальные геометрические характеристики ороназального и ороантрального соустья. Предложенная конструкция позволяет восстановить фонетику и обеспечивает надежную фиксацию челюстных протезов на верхней челюсти за счет индивидуализации формы obturатора и применения эластичных материалов разной степени жесткости.

На протяжении всего срока наблюдения все пациенты постоянно пользовались протезами, отмечали отсутствие дискомфортных ощущений (например, чувства жжения под базисом протеза), были удовлетворены результатами лечения, в том числе после замены эластичной подкладки.

Выводы

Проблема реабилитации пациентов с послеоперационными дефектами беззубой верхней челюсти может решаться путем повышения функциональной эффективности челюстных протезов-obтураторов, разработанных на основе результатов математического моделирования, с учётом механических характеристик конструкционных материалов и обоснованного их выбора, а также посредством использования современных стоматологических технологий в соответствии с особенностями клинической картины.

Результаты имитационного компьютерного моделирования были использованы при создании авторских усовершенствованных конструкций obturаторов челюстных протезов с заданными конструктивными характеристиками, обеспечивающими эффективное челюстно-лицевое ортопедическое лечение пациентов с полным отсутствием зубов и послеоперационными дефектами верхней челюсти онкологического генеза.

Выполненное исследование позволило установить, что глубокое понимание механизма взаимодействия «зубной протез – ткани протезного ложа» на уровне понятий биомеханики и широкого диапазона биологических и медицинских знаний является неременным условием профессионального подхода врача-стоматолога-ортопеда к пациентам этой категории. Эффективность челюстно-лицевого протезирования в большей степени зависит от тщательности клинического обследования, исследования тканей протезного ложа, выбора конструкционных материалов, оптимальной конструкции челюстного протеза-obтуратора, технологии их изготовления, анализа и предупреждения возможных осложнений, прогноза и мониторинга исхода реабилитации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арутюнов А.С. Клинико-организационные основы повышения эффективности ортопедической стоматологической реабилитации онкологических больных с приобретенными дефектами верхней челюсти: дис. ... д-ра мед. наук. – М., 2012. – 337 с.
2. Арутюнов А.С., Шанидзе З.Л., Муслов С.А. Имитационное моделирование системы «obтуратор челюстного протеза – слизистая оболочка края дефекта верхней челюсти» [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 5. – URL: www.science-education.ru/pdf/2016/5/25190.pdf (дата обращения: 25.01.2019).

3. Асташина Н.Б. Комплексное лечение и реабилитация пациентов с приобретенными дефектами челюстей. Экспериментально-клиническое исследование: дис. ... д-ра. мед. наук. – Пермь, 2009. – 227 с.
4. Еганова Т.Д., Бусыгин А.Т. Пороговая компрессия слизистой оболочки протезного ложа. – Ташкент: Медицина, 1973. – 79 с.
5. Каминский Л.С. Статистическая обработка лабораторных и клинических данных. – М.: Медицина, 1964. – 252 с.
6. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. – М.: Физматлит, 2006. – 816 с.
7. Кравцов Д.В. Клинико-микробиологическое обоснование и оценка эффективности применения зубочелюстных протезов-обтураторов из различных конструкционных материалов: дис. ... канд. мед. наук. – М., 2012. – 163 с.
8. Курляндский В.Ю., Хватова В.А., Воложин А.И., Лавочник М.И. Методы исследования в ортопедической стоматологии. – Ташкент: Медицина, 1973. – 231 с.
9. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы. – М.: Наука, 1989. – 432 с.
10. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. – М.: Мир, 1979. – 392 с.
11. Способ изготовления разобщающего послеоперационного челюстного протеза для верхней челюсти: пат. Рос. Федерации МПК А61С 13/00 / Арутюнов С.Д., Лебеденко И.Ю., Степанов А.Г., Кравцов Д.В., Санодзе Д.О., Арутюнов А.С. – № 2427344 (заявл. 27.07.2009; опубл. 10.02.2011) // БИПМ. – Бюл. № 24.
12. Способ изготовления челюстно-лицевого имediata протеза верхней челюсти с обтуратором из полиуретана: пат. Рос. Федерации МПК А61С 13/00 / Арутюнов С.Д., Лебеденко И.Ю., Арутюнов А.С., Степанов А.Г., Чижмаков Е.А., Хизбулаева М.Ш. – № 2402993 (заявл. 04.04.2009; опубл. 10.11.2010) // БИПМ. – Бюл. № 31.
13. Формирующий зубочелюстной протез-обтуратор: пат. Рос. Федерации МПК А61С 13/007 / Арутюнов С.Д., Лебеденко И.Ю., Янушевич О.О., Арутюнов А.С., Кравцов Д.В., Санодзе Д.О. – № 2426517 (заявл. 04.12.2009; опубл. 20.08.2011) // БИПМ. – Бюл. № 23.
14. Челюстной протез-обтуратор: пат. Рос. Федерации МПК А61С 13/00 / Арутюнов С.Д., Арутюнов А.С., Мальгинов З.Л., Шанидзе З.Л. – № 2529394 (заявл. 08.02.2013; опубл. 27.09.2014) // БИПМ. – Бюл. № 27.
15. Челюстной протез-обтуратор: пат. Рос. Федерации МПК А61С 13/007 / Арутюнов С.Д., Янушевич О.О., Арутюнов А.С., Шанидзе З.Л., Малькова А.П., Чумаченко Е.Н. – № 2477103 (заявл. 13.12.2011; опубл. 10.03.2013) // БИПМ. – Бюл. № 7.
16. Чумаченко Е.Н., Арутюнов С.Д., Лебеденко И.Ю. Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния зубных протезов // Клиническая стоматология. – 2003. – № 2. – С. 46.
17. Cooper V. Parallels between properties of high-threshold mechanoreceptors of the goat oral mucosa and human pain report // *Exp. Brain Res.* – 1993. – Vol. 94, no. 2. – P. 323–335.
18. Genden E.M., Okay D., Stepp M.T. Comparison of functional and quality-of-life outcomes in patients with and without palatomaxillary reconstruction // *Arch. Otolaryngol. Head Neck Surg.* – 2003. – Vol. 129. – P. 775–780.
19. Kanazawa T., Yoshida H., Furuya Y., Shimodaira K. Sectional prosthesis with hollow obturator portion made of a thin silicone layer over resin frame // *J. Oral Rehabil.* – 2000. – Vol. 27. – P. 760–764.
20. Keyf F. Obturator prostheses for hemimaxillectomy patients // *J. Oral Rehabil.* – 2001. – Vol. 28. – P. 821–829.
21. Kocacikli M., Yalug S., Yazicioglu H., Yilmaz C. Fabricating a hollow obturator with visible light-cured resin system // *J. of Prosth.* – 2008. – Vol. 17. – P. 596–598.
22. Machin D., Campbell M.J., Walters S.J. Medical statistics - a textbook for the health sciences. – John Wiley & Sons, Ltd, 2007. – 331 p.
23. Moizan H., Meningaud J.P., Gumelli B., Herve C. Head and neck cancer committee. Committee on cancer of the upper aerodigestive tract and survey on buccodental aspects. Report of 164 teams // *Rev. Stomatol. Chir. Maxillofac. Surg.* – 2003. – Vol. 104. – P. 5–9.
24. Murase I. In-vivo modal analysis of maxillary dentition in a maxillectomy patient wearing buccal flange obturator prosthesis with different bulb height design // *Nihon Hotetsu Shika Gakkai Zasshi.* – 2008. – Vol. 52, no. 2. – P. 150–155.
25. Sharma A.B., Beumer J. 3rd. Reconstruction of maxillary defects: the case for prosthetic rehabilitation // *J. Oral Maxillofac. Surg.* – 2005. – Vol. 63. – P. 1770–1773.
26. Tirelli G., Rizzo R., Biasotto M., Di Lenarda R., Argenti B., Gatto A., Bullo F. Obturator prostheses following palatal resection: clinical cases // *Acta Otorhinolaryngol. Ital.* – 2010. – Vol. 30, iss. 1. – P. 33–39.

BIOMECHANICAL APPROACH TO DENTAL ORTHOPEDIC TREATMENT OF PATIENTS WITH POSTOPERATIVE DEFECT OF THE UPPER JAW

**Z.L. Shanidze, S.A. Muslov, A.S. Arutyunov (Moscow, Russian Federation),
N.B. Astashina (Perm, Russian Federation), S.D. Arutyunov (Moscow, Russian
Federation)**

Replacement of postoperative maxillary defect of oncological origin in patients with complete absence of teeth is a difficult task. Based on the results of mechanical tests of structural materials and computer simulation of the biomechanics of the jaw prosthesis-obturator, the authors created improved obturator designs with specified design characteristics, which ensured the effectiveness of dental orthopedic treatment of this category of patients.

Key words: upper jaw defect of oncological origin, complete absence of teeth, strength characteristics of structural materials, mathematical modelling, biomechanics of the maxillary prosthesis-obturator, improved obturator designs.

Получено 28 января 2019