

ВЗАИМОСВЯЗЬ ШЕРОХОВАТОСТИ И РЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ БАЗИСНОГО СТОМАТОЛОГИЧЕСКОГО ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТНОГО ПОЛИМЕРА И ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОБНОЙ БИОПЛЁНКИ ПРИ РАЗНЫХ СПОСОБАХ ПОЛИРОВКИ ОБРАЗЦОВ

Сергей Дарчоевич Арутюнов, Евгений Валерьевич Ипполитов,
Антон Александрович Пивоваров*, Виктор Николаевич Царёв

Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова

Реферат

Цель. Определение взаимосвязи между шероховатостью и рельефом поверхности базисного стоматологического полиметилметакрилатного полимера, полированного разными методами, и микробной адгезией пародонтопатогенных микроорганизмов (*Porphyromonas gingivalis*, *Fusobacterium nucleatum*, *Streptococcus sanguis*) и грибов (*Candida albicans*).

Методы. Изучение рельефа образцов базисного стоматологического полиметилметакрилатного полимера с помощью атомно-силовой микроскопии, микробиологический метод исследования адгезии пародонтопатогенных штаммов и грибов рода *Candida* к поверхностям образцов, обработанных различными способами полировки.

Результаты. Показано, что наиболее высокой степенью адгезии к полимеру после фрезерования обладает *Streptococcus sanguis*, умеренной — *Porphyromonas gingivalis* и *Candida albicans*, низкой — *Fusobacterium nucleatum*. Существенное снижение адгезии зарегистрировано при полировке в условиях зуботехнической лаборатории или в установке «Эрго Бокс», менее значимое — при полировке на стоматологической установке. В работе представлены двухмерные и трёхмерные изображения рельефа поверхностей образцов после разных способов обработки с использованием атомно-силового микроскопа. На изображениях, полученных с помощью атомно-силовой микроскопии, отчётливо отображён рельеф образцов базисного стоматологического полиметилметакрилатного полимера, которые подвергались различным способам обработки.

Вывод. Образцы полимерного материала, полученные при обработке в установке «Эрго Бокс» и в зуботехнической лаборатории, характеризуются минимальным уровнем адгезии к ним микроорганизмов по сравнению образцами, обработанными другими способами.

Ключевые слова: полиметилметакрилат, микробная адгезия, пародонтопатогенные штаммы, грибы рода *Candida*, атомно-силовая микроскопия.

RELATIONSHIP BETWEEN BASIC DENTAL POLYMETHYL METHACRYLATE POLYMER ROUGHNESS AND SURFACE TOPOGRAPHY AND MICROBIAL BIOFILM FORMATION USING DIFFERENT POLISHING TECHNIQUES S.D. Arutyunov, E.V. Ippolitov, A.A. Pivovarov, V.N. Tsarev. *Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A.I. Evdokimov, Moscow, Russia.* **Aim.** To determine the relationship between surface roughness and surface topography of the basic dental polymethyl methacrylate polymer polished by different methods and microbial adhesion of microorganisms (*Porphyromonas gingivalis*, *Fusobacterium nucleatum* and *Streptococcus sanguis*) and fungi (*Candida albicans*) causing periodontal diseases. **Methods.** Surface topography of the basic dental polymethyl methacrylate polymer was studied by atomic force microscopy; microbiological methods were used to study the adhesion of bacteria and *Candida* fungi causing periodontal diseases to the surfaces of the samples polished by different methods. **Results.** It was shown that *Streptococcus sanguis* had the highest adhesion degree to the polymer surface after milling, *Porphyromonas gingivalis* and *Candida albicans* had moderate, and *Fusobacterium nucleatum* — low adhesion degree. The adhesion dropped significantly after the sample had been polished in dental laboratory or using the «Ergo Boxing» compared to dental unit polishing, where the decrease was less significant. The article contains 2D- and 3D-atomic force microscopy pictures of polymer surface after different polishing methods use. Images obtained by atomic force microscopy clearly display the surface of the basic dental polymethyl methacrylate polymer polished by different methods. **Conclusion.** Polymer samples processed by «Ergo Boxing» and dental laboratories are characterized by minimal microbial adhesion when compared with other methods.

Keywords: polymethyl methacrylate, microbial adhesion, strains causing periodontal diseases, *Candida* fungi, atomic force microscopy.

Известно, что микробный налёт (или биоплёнка) и его метаболическая активность во рту — первичные причины ряда инфекционных процессов, включая кариес зубов, воспалительные заболевания дёсен и поддерживающих структур зубов [1, 6]. Полость рта создаёт благоприятные условия для роста обширной и разнообразной популяции бактерий. Уникальность полости рта заключается в том, что это единственное место в организме, содержащее

твёрдые, не обновляющиеся поверхности, пригодные для микробной колонизации. Они состоят из естественных тканей зуба, таких как эмаль, дентин, цемент корня, а также из различных материалов, включая полимерные и металлические ортопедические конструкции, применяемые в стоматологии [5].

По данным современной литературы, основные факторы, способствующие формированию биоплёнки, — шероховатость и рельеф поверхности, характер субстрата и распределение свободной энергии на по-

верхности материала. Было показано, что определённые виды бактерий при колонизации отдают предпочтение определённым частям зубов, например некоторые из них очень плотно связываются с цементом корня, другие — с эмалью, третьи — с определёнными видами реставрационных или протезных материалов [11, 12].

На первой стадии формирования налёта определяющими являются начальные взаимодействия между микроорганизмом и субстратом, то есть гидрофобные и электростатические взаимодействия [2, 8, 10]. В настоящее время накоплено достаточно большое количество результатов исследований, в которых описаны особенности формирования налёта на различных стоматологических материалах, таких как керамика, металлы, полимеры [5, 9]. Однако исследований в области базисных ортопедических пластмасс в доступной литературе не очень много, и они, как правило, не раскрывают физико-химические основы процесса формирования биоплёнки [1, 2].

Quignep и соавт. [12] в исследованиях *in vivo*, а затем и в клинике показали, что шероховатость поверхности материала особенно важна для прикрепления бактерий, тогда как влияние свободной энергии поверхности менее существенно. Ряд других авторов показали, что шероховатость поверхности материалов гораздо существеннее влияет на накопление налёта, чем потенциально антибактериальные вещества (содержащие фтор, выделяющийся из этих материалов, или иные антибактериальные компоненты) [9, 11].

В.Н. Царёв и соавт. [5, 6] отмечают необходимость изучения двух принципиально различных по механизмам процессов, однако являющихся последовательными стадиями формирования биоплёнки на поверхности материалов, расположенных в полости рта, — адгезию и колонизацию.

В литературе содержится многочисленные сообщения об изучении адгезии грибов рода *Candida* к поверхности реставрационных материалов [8, 10], титановых [11] и акриловых протезов [1, 2, 6, 12]. Исследования в области изучения механизмов микробной колонизации полимеров показали, что микроскопическая картина адгезии *Candida* на акриловых протезах связана со скоплением дрожжевых клеток в результате действия силы поверхностного натяжения. Исследования были выполнены с референтными штаммами *C. albicans*

GDH 2346 и *C. albicans* GRI 681. Использование сканирующей микроскопии, описанной авторами, позволило сосчитать однородно распределённые дрожжи, располагающиеся по ходу прозрачных акриловых полос. Используя эту методику, авторы стандартизировали количество клеток грибов, что позволило улучшить методику оценки сродства *C. albicans* к полимерным поверхностям и распространить её на исследование адгезии других микроорганизмов к относительно прозрачным материалам.

Наиболее точными приборами для измерения шероховатости контактным методом и получения трёхмерного изображения служат атомно-силовые микроскопы [4, 7]. Особенности данных приборов — контроль высоты рельефа поверхности с большой точностью (менее 1,0 нм), высокое латеральное разрешение (менее 10,0 нм), высокое аспектное отношение (высокий угол заострения наконечника), возможность получения трёхмерного изображения поверхности. Трёхмерное изображение позволяет оценить сегментарность, анизотропию текстурированной поверхности [3], то есть имеет большую информативность, чем двухмерный профиль, измеряемый классическими профилометрами. Атомно-силовое микроскопическое изображение имеет большую наглядность, позволяет визуально отметить особенности рельефа, плохо поддающиеся анализу численными методами.

Дальнейшей задачей, по мнению исследователей, является разработка моделей для изучения механизмов адгезии пародонтопатогенных бактерий к базисным материалам, предназначенным для протезирования, и комплексная оценка факторов, определяющих адгезию и колонизацию, с использованием современных методов изучения адгезии и колонизации микроорганизмов [1, 6, 9].

Целью нашего исследования было изучение основных параметров поверхности фрезерованного полиакрилового материала с помощью атомно-силовой микроскопии и первичной микробной адгезии бактерий пародонтопатогенной группы и грибов рода *Candida* с учётом способа полировки образцов.

В данной работе для исследований методом атомно-силовой микроскопии использована зондовая нанолaborатория «Интегра Прима» (ЗАО «НТ-МДТ», Россия). Для получения изображения рельефа применя-

Основные характеристики зондового атомно-силового микроскопа и режимы работы при проведении эксперимента

Размер образца	До 100 мм в диаметре и 15 мм в высоту
Масса образца	До 300 г
XY-позиционирование образца	5×5 мм
Поле сканирования (X×Y×Z)	100×100×10 мкм
Нелинейность, XY (с датчиками обратной связи)	0,15%
Уровень шума, Z (СКО в полосе 1000 Гц)	От 0,06 нм (типично) до 0,07 нм
Уровень шума, XY (СКО в полосе 200 Гц)	От 0,1 нм (типично) до 0,2 нм

Примечание: СКО – среднее квадратичное отклонение.

ли метод полуконтактной сканирующей зондовой микроскопии [3]. Данный метод основан на взаимодействии с поверхностью, колеблющейся на резонансной частоте кантилевера, оснащённого лазерным лучом с частотой несколько сотен кГц. При использовании данного метода контактное давление кантилевера на поверхность существенно меньше по сравнению с контактными методами. Это позволяет проводить измерения на мягких и легко разрушающихся материалах (табл. 1).

В экспериментальной части нашей работы были использованы следующие образцы:

- 1 – фрезерованные, без полировки (контроль);
- 2 – полированные в установке «Эрго Бокс»;
- 3 – полированные в условиях зуботехнической лаборатории;
- 4 – полированные на стоматологической установке.

Шероховатость поверхности – совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами на базовой длине или площади. С учётом развития методов атомно-силовой микроскопии и новых возможностей приборов по прорисовке деталей рельефа на субмикрометровом масштабе применяли расчёт параметров шероховатости по атомно-силовому микроскопическому изображению с помощью формулы:

$$R_z = 1/5 (h_{max1} + h_{max2} + h_{max3} + h_{max4} + h_{max5} - h_{min1} - h_{min2} - h_{min3} - h_{min4} - h_{min5}),$$

где R_z – высота неровностей профиля по выбранным точкам; h_{max} – максимальная высота профиля в пределах базовой линии; h_{min} – минимальная высота профиля в пределах базовой линии.

Параметры шероховатости определяли по полученным изображениям поверх-

ностей при размере поля микроскопии 50×50 мкм.

Для параллельного изучения первичной адгезии микроорганизмов (специфического прилипания к поверхности конструкционного материала для последующей колонизации и формирования биоплёнки) из исследуемого стоматологического материала – базисного полиметилметакрилатного полимера – мы изготавливали пластины площадью 0,25 см², которые подвергали различным типам полировки с последующей отмывкой в дистиллированной воде. До постановки теста первичной адгезии образцы обрабатывали ультрафиолетовым излучением и хранили в стерильных чашках Петри.

Для постановки эксперимента моделирования первичной адгезии микроорганизмов к образцам материала полиметилметакрилатного полимера мы использовали штаммы, относящиеся к пародонтопатогенным видам, которые были выделены из пародонтальных карманов у больных пародонтитом: *Porphyromonas gingivalis*, *Fusobacterium nucleatum*, *Streptococcus sanguis*, а также грибов *Candida albicans*.

Все исследования были выполнены нами в бактериологической лаборатории кафедры микробиологии, вирусологии, иммунологии Московского государственного медико-стоматологического университета им. А.И. Евдокимова (разрешение главного государственного санитарного врача №77.01.16.000.М.015177.11.09, г. Москва, от 18.11.2009).

Идентификацию выделенных штаммов проводили с использованием протокола, рекомендованного для анаэробной бактериологической лаборатории, с применением тест-систем для идентификации анаэробных и микроаэрофильных бактерий по биохимическим свойствам API 20 А и API 20 Strep фирмы «БиоМерье» (Франция), а также по

Параметры шероховатости поверхности образцов полиметилметакрилата с разными способами полировки

Параметры	После фрезерования (контроль)	Полировка		
		Лаборатория	Установка «Эрго Бокс»	Стоматологическая установка
Ra, нм	1270±820	76±47*	83±48*	110±64*
Rms, нм	1480±880	125±70*	114±59*	166±88*
Rz, нм	3830±1140	920±380*	640±280*	990±600*

Примечание. В таблице указаны средние значения и после символа ± – стандартное отклонение для данного значения. *Различия статистически значимы по сравнению с «контролем» ($p < 0,05$), различий по прочим группам нет. Ra (average roughness) – средняя арифметическая шероховатость; Rms (root mean square roughness) – средняя квадратичная шероховатость; Rz (ten point height) – шероховатость поверхности по выбранным пяти максимальным высотам и впадинам.

генетическим маркёрам с помощью полимеразной цепной реакции [5, 6].

Для проведения методики оценки первичной адгезии идентичные исследуемые образцы базисного стоматологического полиметилметакрилатного полимера размером 0,5×0,5 см помещали во взвесь суточной культуры микроорганизмов тест-штаммов. Количество бактерий в 1 мл взвеси составляло 10^8 колониеобразующих единиц (КОЕ/мл) в соответствии со стандартом мутности 0,5 McFarland; грибов – 10^6 КОЕ/мл. Экспозиция – 40 мин в анаэроостате при 37 °С для анаэробных бактерий, а для грибов – в обычных условиях при комнатной температуре.

Процедура постановки эксперимента соответствовала стандартному методу [1, 2] с незначительными модификациями, которые заключались в следующем. Для удаления не прилипших бактерий или дрожжей сначала образцы трижды отмывали в 10 мл стерильного изотонического раствора натрия хлорида. Затем каждый образец помещали в отдельную пластиковую камеру, содержащую 1 мл стерильного изотонического раствора натрия хлорида. Далее пластиковые камеры с исследуемыми образцами обрабатывали ультразвуком в ультразвуковой ванне «Ultrasonic» (НПФ «Геософт», Россия) при частоте 60 кГц в течение 10 мин, что позволяло «снять» и перевести во взвешенное состояние те микробные клетки, которые вступили в первичную адгезию с поверхностью стоматологического материала.

Затем из полученного смыва с образцов с помощью автоматической микропипетки проводили посев 100 мкл на 5% кровяной гемин-агар Columbia с последующим распределением микроорганизмов по поверхности питательной среды стерильной платиновой бактериологической петлёй. Для исследования адгезии дрожжевых грибов

использовали агар Сабуро. Посевы инкубировали в анаэробных условиях при 37 °С для анаэробных бактерий и в обычных условиях при комнатной температуре – для грибов *Candida albicans*.

После завершения культивирования с помощью исследовательского стереомикроскопа «Eclips» («Nikon», Япония) подсчитывали количество колоний, выросших на питательных средах, определяли десятичный логарифм этой величины и рассчитывали индекс первичной адгезии для каждого образца материала и исследуемых тест-штаммов по формуле, предложенной В.Н. Царёвым (2009) [6]:

$$I_a = I_g A / I_g N,$$

где I_a – индекс первичной адгезии; A – число прилипших бактерий; N – количество бактерий смыва.

Статистическую обработку данных осуществляли методами вариационной параметрической и непараметрической статистики для малой выборки с использованием программы «Биостат» для персонального компьютера.

Сводные результаты по измерению шероховатости поверхности четырёх образцов исследуемого материала с применением атомно-силовой микроскопии приведены в табл. 2.

С помощью атомно-силовой микроскопии установлено, что полированные образцы имеют на порядок меньшую шероховатость, чем образцы после фрезеровки. Поверхность всех образцов неоднородна, параметры шероховатости поверхности на различных участках образца могут сильно отличаться, что отражается в стандартном отклонении.

На образцах после фрезеровки присутствуют неровности с определённым направлением, которое задаётся алгоритмом обработки

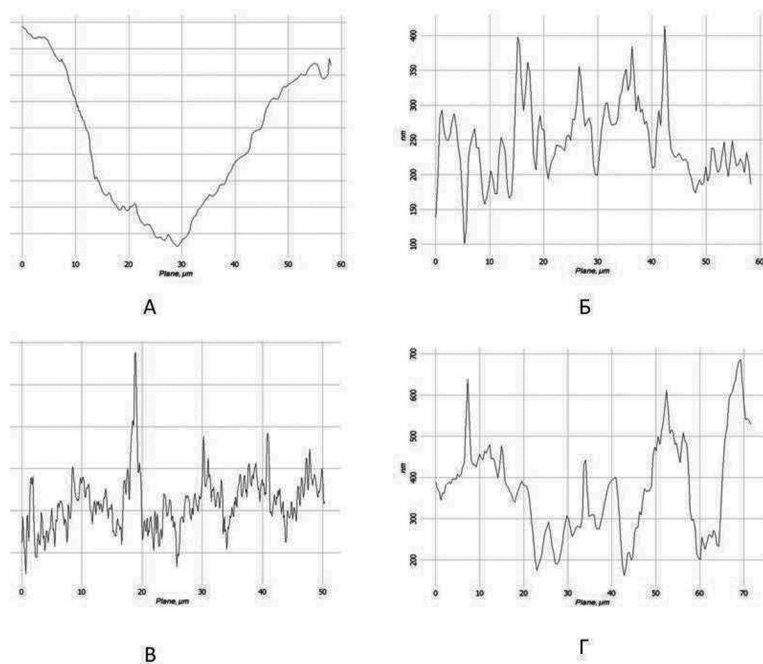


Рис. 3. Профиль сечения рельефа поверхности образцов: А — после «обычной» фрезеровки; Б — после полировки в установке «Эрго Бокс» (параметры шероховатости: $R_a=83\pm 48$ нм, $R_{ms}=114\pm 59$ нм, $R_z=640\pm 280$ нм); В — после полировки в зуботехнической лаборатории (параметры шероховатости: $R_a=76\pm 47$ нм, $R_{ms}=125\pm 70$ нм, $R_z=920\pm 380$ нм); Г — после полировки на стоматологической установке (параметры шероховатости: $R_a=110\pm 64$ нм, $R_{ms}=166\pm 88$ нм, $R_z=990\pm 600$ нм).

образца и формой рабочей части фрезы. На полированных образцах на поверхности имеются неровности в виде выступающих частиц, которые могут быть связаны с плохим отводом продуктов износа при полировке или прилипанием частиц полировочной смеси к образцу. Наличие данных частиц приводит к увеличению разницы между среднеарифметической и среднеквадратичной шероховатостью.

Более детальное изучение образцов при атомно-силовой микроскопии показало, что в образцах с «обычной» фрезеровкой (рис. 1А*, 2А*, 3А) присутствуют глубокие канавки глубиной порядка 10 мкм и шагом около 100 мкм. Поверхность канавки на дне и на склоне имеет микрорельеф с невысокой шероховатостью. Микрорельеф состоит из неровностей, которые имеют то же направление, что и канавка. Вероятно, эти неровности отражают форму фрезы, использованной для данного образца.

Параметры шероховатости: $R_a=1270\pm 820$ нм, $R_{ms}=1480\pm 880$ нм, $R_z=3830\pm 1140$ нм, где:

- R_a (average roughness) — средняя арифметическая шероховатость, измеряется

в метрах и определяется как среднее отклонение всех точек атомно-силового изображения от средней плоскости в соответствии со следующим выражением;

- R_{ms} (root mean square roughness) — средняя квадратичная шероховатость, измеряется в метрах и определяется как среднее значение измеренных отклонений от средней плоскости;

- R_z (ten point height) измеряется в метрах и выражает шероховатость поверхности по выбранным пяти максимальным высотам и впадинам.

Вероятно, дополнительная финишная полировка поверхности может значительно уменьшить измеряемую шероховатость образцов за счёт удаления выступов, представляющих собой одиночные частицы или их агломераты. Очевидно, что все эти факторы могут влиять на уровень первичной адгезии микроорганизмов при их контакте с данным видом базисной пластмассы, последующее формирование микробной биоплёнки в клинических условиях и её «агрессивность» для слизистой оболочки рта и пародонта.

Полученные нами цифровые данные, характеризующие первичную адгезию представителей пародонтопатогенной

* Рис. 1 и 2 см. на обложке.

Результаты исследования адгезии к исследуемым образцам *in vitro* представителей бактериальной флоры и грибов *Candida albicans*

Образцы, полированные	<i>Porphyromonas gingivalis</i>	<i>Fusobacterium nucleatum</i>	<i>Streptococcus sanguis</i>	<i>Candida albicans</i>
в установке «Эрго Бокс»	0,37±0,02**	0,24±0,02**	0,84±0,03*	0,39±0,03**
в зуботехнической лаборатории	0,43±0,03*	0,22±0,02**	0,90±0,04	0,49±0,03*
на стоматологической установке	0,45±0,03*	0,28±0,02*	0,93±0,04	0,51±0,03*
Контроль (фреза, без полировки)	0,52±0,02	0,32±0,02*	0,94±0,04	0,59±0,03

Примечание: *показатель адгезии статистически значимо ниже по сравнению с контрольными образцами ($p < 0,05$); **показатель адгезии статистически значимо ниже по сравнению с другими опытными образцами ($p < 0,05$).

микрофлоры полости рта и дрожжевых грибов к образцам стоматологического материала с разными типами полировки, представлены в табл. 3.

Как видно из представленных данных, для базисного стоматологического полиметилметакрилатного полимера отмечались принципиальные различия первичной адгезии бактериальной (*Porphyromonas gingivalis*, *Fusobacterium nucleatum*, *Streptococcus sanguis*) и грибковой (*Candida albicans*) микрофлоры, в том числе и в зависимости от способа полировки. В целом индексы адгезии к контрольным образцам после «обычной» фрезеровки соответствовали среднему уровню первичной адгезии, описанному ранее для анаэробных пародонтопатогенов (0,32–0,52) и дрожжевых грибов *Candida albicans* (0,59), и высокому уровню — для *Streptococcus sanguis* (0,94) [1, 2, 6].

Также были отмечены различия по способам полировки, и в ряде случаев они были статистически значимы, что соответствовало результатам, полученным с помощью атомно-силовой микроскопии.

Хотя мы и наблюдали несколько иную картину в отношении образцов материала, обработанных разными способами (полированных), но общая закономерность, выявленная с контрольными образцами, сохранялась: более низкий уровень адгезии отмечен у штамма фузобактерий, средний (умеренный) — у *Porphyromonas gingivalis* и грибов *Candida albicans*, самый высокий — у микроаэрофильных стрептококков.

Так, при исследовании адгезии тест-штаммов к образцам, полированным в установке «Эрго Бокс» (рис. 1Б*, 2Б*, 3Б), отмечен минимальный уровень первичной адгезии всех тест-штаммов, как бактерий, так и грибов, в пределах от 0,24 (фузобактерии) до 0,37 (*Candida*). Более высокий уровень первичной адгезии также продемонстрировали

микроаэрофильные стрептококки (0,84±0,03, $p < 0,05$) по сравнению как с контролем, так и с другими видами полировки).

Параметры шероховатости: Ra=83±48 нм, Rms=114±59 нм, Rz=640±280 нм.

На образцах, полированных в установке «Эрго Бокс», не видно полос полировки, но имеются одиночные частицы подобно тем, что наблюдались на образцах, полированных в лаборатории (см. ниже). В отличие от образцов, полированных в лаборатории, таких частиц на поверхности меньше, и они менее склонны к образованию агломератов. В то же время рельеф поверхности полированных в установке «Эрго Бокс» образцов имеет несколько больший перепад высот по сравнению с рельефом образцов, полированных в лаборатории. Можно предположить, что более грубые частицы и зазубрины в условиях клинического применения материала с такой формой обработки способны стать хорошей основой для формирования массивной микробной биопленки, что может иметь отрицательное влияние на слизистую оболочку полости рта и пародонт.

При исследовании адгезии тест-штаммов к образцам, полированным в зуботехнической лаборатории, отмеченная закономерность была аналогичной (рис. 1В*, 2В*, 3В). Индекс адгезии анаэробных микроорганизмов и грибов составил от 0,22 (фузобактерии) до 0,49 (*Candida albicans*). Более высокий уровень первичной адгезии продемонстрировали лишь микроаэрофильные стрептококки (0,90±0,04, $p < 0,05$ по сравнению как с контролем, так и с другими видами полировки).

Параметры шероховатости: Ra=76±47 нм, Rms=125±70 нм, Rz=920±380 нм.

При атомно-силовой микроскопии отмечено, что на полированных образцах отсутствуют микронные неровности, характерные для фрезерованных образцов, то есть

* Рис. 1 и 2 см. на обложке.

поверхность становится менее шероховатой. Однако на образцах, полированных в лаборатории, видны полосы от полировки глубиной в несколько десятков нанометров и шагом несколько микрометров. На поверхности присутствуют частицы, принимающие форму острых выступов-зазубрин на атомно-силовом микроскопическом изображении. Частицы собраны в агломераты и неоднородно распределены по поверхности образца. Данные частицы могут быть продуктами износа материала образца или частицами полировочной смеси. Такие частицы часто имеют невысокое сцепление с подложкой и легко отделяются от поверхности при слабом механическом взаимодействии.

Последнее объясняет, почему степень адгезии к образцам, полированным в лаборатории, была несколько выше по сравнению с образцами, полированными в «Эрго Бокс», где сцепление частиц и зазубрин более выражено: большое количество микробных клеток, прилипших к зазубринам, отделяется от образцов вместе с ними при проведении посева на питательную среду. Это несколько повышает показатель адгезии по сравнению с обработкой в установке «Эрго Бокс». Возможно, данным образцам следует провести дополнительную финишную очистку поверхности после полировки, которая устранил эти неровности. Способ и параметры такой процедуры следует подбирать после анализа состава и механических свойств данных частиц.

При исследовании адгезии тест-штаммов к образцам, полированным в условиях стоматологического кабинета, отмечены наименее выраженные отличия от контрольных фрезерованных образцов (рис. 1Г*, 2Г*, 3Г).

Параметры шероховатости:
Ra=110±64 нм, Rms=166±88 нм,
Rz=990±600 нм.

Так, только у фузобактерий адгезия была низкой (0,28). Индекс адгезии анаэробов и грибов был умеренным и составил от 0,45 (*Porphyromonas gingivalis*) до 0,51 (*Candida albicans*). Уровень адгезии микроаэрофильных стрептококков вообще был крайне высоким и не отличался от контрольных (неполированных) образцов (0,94±0,04, $p > 0,05$).

На образцах, полированных на стоматологической установке, не видно полос полировки, присутствуют одиночные час-

тицы подобно тем, что наблюдались на всех полированных образцах. Значительных агломератов не наблюдается. Перепад высот неровностей на поверхности образцов достигает сотни нанометров, что является наибольшим значением среди полированных образцов. Описанная микроскопическая картина может привести к формированию массивной биоплёнки в клинических условиях и обусловить повреждение слизистой оболочки полости рта и пародонта токсинами и ферментами пародонтопатогенных бактерий и грибов рода *Candida* [1, 2, 6].

Таким образом, полученные данные позволяют сделать заключение, что образцы из полиметилметакрилатного полимера для изготовления базисов протезов обладают различной степенью выраженности микробной адгезии представителей пародонтопатогенной микрофлоры и грибов рода *Candida*, которая зависит от способа полировки, что соответственно определяет различия колонизационной резистентности к формированию микробной биоплёнки при использовании полимера в клинических условиях.

ВЫВОДЫ

1. Шероховатость поверхности стоматологического базисного полиметилметакрилатного полимера, рельеф поверхности, наличие конгломератов материала и зазубрин, а также степень их сцепления с материалом, используемым для зубного протезирования, имеют существенное значение в формировании биоплёнки на данных материалах с участием резидентных (*Streptococcus sanguis*) и пародонтопатогенных (*Porphyromonas gingivalis*, *Fusobacterium nucleatum*) видов анаэробных бактерий, а также и дрожжевых грибов *Candida albicans*, что позволяет обосновать выбор определённых способов полировки.

2. Образцы полимерного материала, полученные при обработке в установке «Эрго Бокс» и зуботехнической лаборатории, характеризуются минимальным уровнем адгезии по сравнению с другими способами, что позволяет сделать заключение о том, что полиметилметакрилатный полимер, обработанный данным способом, обладает более выраженной колонизационной резистентностью в отношении штаммов пародонтопатогенных бактерий и грибов. Средние значения колонизационной резистентности имеет образец полиметилме-

* Рис. 1 и 2 см. на обложке.

такрилатного полимера, обработанный на стоматологической установке, а минимальные — неполированные.

3. Наиболее высокий уровень адгезии к базисному стоматологическому полиметилметакрилатному полимеру отмечен у штамма *Streptococcus sanguis*: достоверное снижение индекса адгезии отмечено только при использовании полировки в установке «Эрго Бокс». Однако факт высокой колонизации образцов *Streptococcus sanguis* нельзя однозначно считать отрицательным, поскольку этот микроорганизм — представитель нормальной микробной флоры полости рта в отличие от других видов, использованных для исследования первичной адгезии в настоящей работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арутюнов С.Д., Ибрагимов Т.И., Царёв В.Н. и др. Микробиологическое обоснование выбора базисной пластмассы съёмных зубных протезов // *Стоматология*. — 2000. — №3. — С. 4–8.
2. Кучерова М.А., Трефилов А.Г. Индекс адгезии микроорганизмов к полимерным базисным материалам как индикатор оценки антимикробных средств // *Стоматолог*. — 2008. — №5. — С. 38–44.
3. Мальков О.В., Литвищенко А.В. Измерение параметров шероховатости поверхности детали. Электронное учебное издание — М.: Изд. МГТУ им. Баумана, 2012. — <http://mt2.bmstu.ru/old/hard/index.htm>

htm (дата обращения: 01.02.14).

4. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. — Нижний Новгород: Российская академия наук. Институт физики микроструктур, 2004. — 110 с.
5. Царёв В.Н., Давыдова М.М. Методы микробиологического исследования, применяемые в стоматологии. Микробиология, вирусология и иммунология. — М.: Практическая медицина, ГЭОТАР-Медиа, 2009. — С. 474–483.
6. Царёв В.Н., Ибрагимов Т.И., Трефилов А.Г. Применение методов микробиологического мониторинга в процессе ортопедического лечения пациентов с вторичной полной адентией // *Стоматолог*. — 2008. — №2. — С. 45–51.
7. Binnig G., Quate C.F. Atomic Force Microscope // *Phys. Rev. Letters*. — 1986. — Vol. 56, N 9. — P. 930–933.
8. Brady L.J., Piacentini D.A., Crowley P.J. Differentiation of salivary agglutinin-mediated adherence and aggregation of mutans streptococci by use of monoclonal antibodies against the major surfaces adhesine PI // *Infect. Immun.* — 1992. — Vol. 60. — P. 1008–1017.
9. Donlan R.M., Costerton J.W. Biofilms: survival mechanisms clinically relevant microorganisms // *Clin. Microbiol. Rev.* — 2002. — Vol. 15, N 2. — P. 167–193.
10. Eick S., Glockmann E. Adherence of *Streptococcus mutans* to various restorative materials in a continuous flow system // *J. Oral. Rehabil.* — 2004. — Vol. 31. — P. 278–285.
11. Rimondini L., Fare S., Brambilla E. The effect of surface roughness on early *in vivo* plaque colonization on titanium // *J. Periodontol.* — 1997. — Vol. 68. — P. 556.
12. Quirynen M., Bollen C.M. The influence of surface roughness and surface-free energy on supra- and subgingival plaque formation in man // *J. Clin. Periodontol.* — 1995. — Vol. 22. — P. 1.

УДК 616.314.18-002-08-074: 616-06-036.8

T09

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ РИСКА ОСЛОЖНЕНИЙ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ПУЛЬПИТА

Татьяна Викторовна Аксенова^{1*}, Александр Николаевич Бондаренко²

¹Кубанский государственный медицинский университет, г. Краснодар,

²Кубанский медицинский институт, г. Краснодар

Реферат

Цель. Изучить степень влияния различных факторов риска на частоту развития осложнений при лечении пульпита.

Методы. Проведён ретроспективный анализ медицинских карт 130 больных пульпитом, лечение которых проводили методами витальной и девитальной экстирпации без назначения реабилитационных мероприятий (63 пациента) и с дополнительным назначением индивидуального курса восстановительной терапии (67 пациентов). Изучены наличие и частота факторов риска осложнений в различных группах наблюдения, определён уровень их реализации в возникновении осложнений. Данные обработаны методами вариационной статистики.

Результаты. Выявлены наиболее значимые факторы риска развития осложнений при лечении пульпита: нарушение защитно-восстановительного потенциала одонтона, нарушение защитно-восстановительного потенциала организма, множественные очаги одонто-пародонтальной инфекции, парафункции жевательных мышц и патология прикуса, нарушение психологического здоровья. У 60% пациентов определено сочетание трёх и более факторов риска, которые в половине случаев способствовали развитию осложнений, если эндодонтическое лечение пульпита не дополняли назначением индивидуальной восстановительной терапии. Восстановительное лечение включало, помимо полной санации полости рта, использование по показаниям физиотерапевтических факторов (переменного магнитного поля низкой частоты, внутриканального йод-электрофореза), индивидуально подобранных гомеопатических средств, цветочных эссенций Баха и кинезиологических упражнений.

Вывод. Установлена значимость для результативности лечения пульпита ряда факторов риска, которые можно выявить в условиях амбулаторной стоматологической практики; дополнение традиционного лечения пульпита назначением индивидуальных комплексов восстановительной терапии, ориентированных на устранение выявленных факторов риска, способствует снижению частоты осложнений.

Ключевые слова: пульпит, факторы риска осложнений, восстановительное лечение.