

ИССЛЕДОВАНИЕ АДГЕЗИИ ПАРОДОНТОПАТОГЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ К КОНСТРУКЦИОННЫМ МАТЕРИАЛАМ, ПРИМЕНЯЕМЫМ В ТЕХНОЛОГИИ КОМПЬЮТЕРНОГО ПРОИЗВОДСТВА ХИРУРГИЧЕСКИХ НАВИГАЦИОННЫХ ШАБЛОНОВ, ДО И ПОСЛЕ СТЕРИЛИЗАЦИИ

Степанов А.Г.¹, Саркисов Д.С.¹, Апресян С.В.¹, Южаков В.А.¹, Джалалова М.В.²

¹Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», Москва, e-mail: med@rudn.ru;

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Москва

В данном исследовании изучалось влияние стерилизации 121°C 30 минут на первичную адгезию микроорганизмов к трем конструкционным материалам для компьютерного производства хирургических шаблонов для дентальной имплантации методом объемной печати. В стоматологической хирургической практике важнейшее значение имеют стерильность используемого инструментария, а также строгое соблюдение этапов предстерилизационной обработки и непосредственно стерилизации. На рынке стоматологических материалов России представлено множество материалов для производства хирургических шаблонов. Основываясь на анализе литературы и мониторинге рынка, авторы отобрали нескольких производителей полимеров для производства хирургических шаблонов, которые могут быть подвержены стерилизации путем автоклавирования. В результате исследования было установлено, что остаточная адгезия штаммов бактерий, E. coli ATCC 25982 Staphilococcus aureus ATCC 6538, C. albicans NoCTC885-653, Streptococcus mutans – 3003, Streptococcus mitis NCTC 10712, Pseudomonas aeruginosa B-8243 к трем видам конструкционных материалов после проведенной стерилизации путем автоклавирования при 121°C в течение 30 минут в первые 24 часа стремится к нулю, через 24 часа в 5 раз ниже от исходных значений и соответствует исходным значениям адгезии через 10 суток после стерилизации. Анализируя полученные данные, можно сделать вывод о необходимости использовать стерилизуемые хирургические шаблоны и подвергать их процедуре автоклавирования не ранее чем за 24 часа до операции.

Ключевые слова: стерилизация, 3D-печать, хирургические шаблоны, дентальная имплантация.

INVESTIGATION OF ADHESION OF PERIODONTOTOTOTOGIC MICROORGANISMS TO CONSTRUCTION MATERIALS USED IN THE TECHNOLOGY OF COMPUTER PRODUCTION OF SURGICAL TEMPLATES FOR DENTAL IMPLANTATION MADE BY THE 3D PRINTING METHOD IN EXPERIMENT IIN VITRO BEFORE AND AFTER STERILIZATION

Stepanov A.G.¹, Sarkisov D.S.¹, Apresyan S.V.¹, Yuzhakov V.A.¹, Dzhalalova M.V.²

¹Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Russian Peoples' Friendship University named after Patrice Lumumba», Moscow, e-mail: med@rudn.ru;

²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Moscow State University named after M.V. Lomonosov», Moscow

In this study, the effect of sterilization at 121°C for 30 minutes on the primary adhesion of microorganisms to three structural materials for the computer-aided production of surgical templates for dental implantation using the 3D printing method was studied. In dental surgical practice, the sterility of the instruments used, as well as strict adherence to the stages of pre-sterilization processing and sterilization itself, is of paramount importance. There are many materials to produce surgical templates on the Russian dental materials market. Based on literature review and market monitoring, we have selected several resin manufacturers to produce surgical templates that can be sterilized by autoclaving. As a result of the study, it was found that the residual adhesion of bacterial strains, E. coli ATCC 25982 Staphilococcus aureus ATCC 6538, C. albicans NoCTC885-653, Streptococcus mutans – 3003, Streptococcus mitis NCTC 10712, Pseudomonas aeruginosa B-8243 to three types of structural materials sterile after sterilization by autoclaving at 121°C for 30 minutes, tends to zero in the first 24 hours, after 24 hours it is 5 times lower than the initial values and corresponds to the initial adhesion values 10 days after sterilization. Analyzing the data obtained, it can be concluded that it is necessary to use sterilizable surgical templates and subject them to the autoclaving procedure no earlier than 24 hours before the operation.

Keywords: sterilization, 3D printing, surgical templates, dental implantation.

В настоящее время дентальная имплантация является наиболее активно развивающимся направлением стоматологии и челюстно-лицевой хирургии, поскольку частота патологии, требующей комплексной ортопедической реабилитации, остается на высоком уровне и в перспективе не будет иметь тенденции к уменьшению [1].

Дентальная имплантация является оптимальным способом восстановления функции и эстетики зубочелюстной системы, повышения качества жизни пациента [2]. В настоящее время цифровые технологии охватили практически все аспекты стоматологии, в том числе дентальную имплантацию [3, 4].

Предварительное виртуальное планирование ортопедического лечения с применением дентальных имплантатов становится широко востребованным среди стоматологов. Выбор ортопедической конструкции с учетом индивидуальных анатомических параметров, полученных путем совмещения рентгенологических и оптических изображений, позволяет продемонстрировать пациенту результат лечения до его начала, спланировать оптимальное положение имплантатов [5].

В хирургической стоматологии наиболее востребованными являются навигационные хирургические шаблоны, позволяющие сократить время операции и минимизировать послеоперационные осложнения [6].

Как правило, указанный вид изделий медицинского назначения изготавливается методами компьютерного моделирования и производства, а именно посредством аддитивной технологии – 3D-печати.

Однако технологии аддитивного производства в стоматологии все еще нуждаются в исследовании, поскольку остаются нерешенными вопросы об оптимальном конструкционном материале и его постпечатной обработке.

Все конструкционные материалы медицинского назначения должны соответствовать жестким токсикологическим, технологическим, физико-механическим, эстетическим, медико-биологическим требованиям, а в случае с материалами для изготовления навигационных хирургических шаблонов – обладать высокими прочностными характеристиками, не меняющими свои показатели после стерилизации [7, 8, 9].

Однако не все конструкционные материалы для производства хирургических шаблонов допускают стерилизацию готовых изделий с помощью автоклавирования [10]. В хирургической практике не все специалисты подвергают хирургические шаблоны стерилизации перед операцией, а чаще всего ограничиваются дезинфекцией в растворах антисептиков, что не позволяет добиться стерильности используемого инструмента и может привести к послеоперационным осложнениям, связанным с наличием штаммов бактерий, вызывающих гнойно-воспалительные заболевания полости рта [11, 12].

Анализ полученных данных позволит определить степень адгезии микроорганизмов полости рта к поверхности хирургических шаблонов до и после стерилизации, а также сделать вывод о необходимости использования материалов, которые допускают автоклавирование, и строгого соблюдения протокола стерилизации.

Цель исследования

Изучить влияние стерилизации путем автоклавирования при 121°C в течение 30 минут на первичную адгезию микроорганизмов к трем видам конструкционных материалов *in vitro*.

Материалы и методы исследования

Для достижения поставленной цели были отобраны несколько стоматологических материалов для производства автоклавируемых хирургических шаблонов методом 3D-печати FormLabs Dental SG Resin (Formlabs, США) (материал 1), NextDent SG (NextDent, Нидерланды) (материал 2), HARZLabs Yellow Clear PRO (HARZLabs, Россия) (материал 3).

Полимеры группы 3 (№ РЗН 2020/12007), группы 1 (EN-ISO 10993-1: 2009 / АС: 2010, EN-ISO 20795-1: 2013, EN-ISO 7405: 2009 / А1: 2013) и группы 2 (EN-ISO 10993-1: 2009 / АС: 2010, EN-ISO 20795-1: 2013, EN-ISO 7405: 2009 / А1: 2013) сертифицированы и могут использоваться в медицинских целях.

Исследована адгезивная активность по отношению к предоставленным образцам следующих микроорганизмов:

- 1) *E. coli* ATCC 25982;
- 2) *Staphylococcus aureus* ATCC 6538;
- 3) *C. albicans* NoCTC885-653;
- 4) *Streptococcus mutans* – 3003;
- 5) *Streptococcus mitis* NCTC 10712;
- 6) *Pseudomonas aeruginosa* B-8243.

Этапы проведения исследования

1. Подготовка тест культур к проведению исследования

1.1. 100 мкл тест культур микроорганизмов (*E. coli* ATCC 25982, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *C. albicans* NoCTC885-653, *Streptococcus mutans* – 3003, *Streptococcus mitis* NCTC 10712, *Pseudomonas aeruginosa* B-8243) вносили в 10 мл питательной среды – сердечно-мозговой бульон: настой мозга телят, мясной настой (из говядины), протеозопептон, глюкоза, натрия хлорид, натрия гидрофосфат, агар-агар (HIMEDIA® M210, Индия). Время культивирования 24 часа, температура культивирования 37°C.

1.2. После 24 часов культивирования бульонную культуру центрифугировали 25 минут при 2400 rpm. Бактериальную суспензию для посева и проведения исследования *in vitro* готовили из микробного осадка по стандарту мутности 0,5 по McFarland (что соответствует

1,5–3,0x10⁸ КОЭ) (McFarland, HIMEDIA), в физиологическом растворе (0,9% NaCl). После этого доводили концентрацию микроорганизмов до 10⁷ микроорганизмов, внося 1 мл стандартизированной бактериальной взвеси к 9 мл сердечно-мозгового бульона. Изготавливали смесь культур в соотношении 1 : 1 : 1 : 1 (по 2,5 мл стандартизированной бульонной взвеси с концентрацией микроорганизмов 10⁷).

2. Выполнение эксперимента

Производилась оценка остаточной адгезии микроорганизмов к трем видам конструкционных материалов стерильных и нестерильных. Эксперимент выполняли с образцами конструкционных материалов (материал 1, материал 2, материал 3). В эксперименте выполнены две серии работ *in vitro* с использованием стерильных и нестерильных материалов. Учитывая вероятную роль микроорганизмов разных групп в развитии осложнений инфекционно-воспалительной природы после ортопедических операций с применением конструкционных материалов в эксперименте, исследовали чистые тест-культуры бактерий эталонных штаммов: *E. coli* ATCC 25982 *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *C. albicans* NoCTC885-653, *Streptococcus mutans* – 3003, *Streptococcus mitis* NCTC 10712, *Pseudomonas aeruginosa* B-8243. Все образцы являлись штаммами бактерий – потенциальных возбудителей гнойно-воспалительных заболеваний ротовой полости. Для определения остаточной адгезии использовали стандартную методику [13].

Образцы конструкционных материалов (материал 1 – FROMLABS SG, материал 2 – NEXTDENT, материал 3 – HARZLABS) помещали в чашку Петри с 10 мл взвеси культуры микроорганизмов концентрацией 10⁷ CFU / ml (КОЕ / мл, на основе 0,9% NaCl). Экспозиция составила 40 минут при температуре 37°C, время и температура культивирования выбраны с учетом создания условий жизнеобеспечения тестируемых микроорганизмов.

Бактериальные клетки, которые не вступили в процесс адгезии, удаляли с помощью ультразвуковых воздействий в аппарате Ultra-Est («Геософт», Россия) в 0,9% NaCl в течение 5 мин (частота ультразвуковых воздействий 40 кГц, мощность 240 Вт) для удаления не адгезированных на поверхности конструкционных материалов клеток.

Образцы с микробными клетками, вступившими в процесс адгезии, трижды с каждой стороны прикладывали к поверхности питательной среды (формировали отпечатки), что позволяло микробным клеткам оставаться на поверхности питательной среды, давать рост изолированных колоний, а исследователям – определять остаточную адгезию.

Культивировали полученные отпечатки в течение 24 часов при температуре 37°C с учетом физиологических особенностей тестируемых микроорганизмов. По окончании инкубации производили подсчет колоний.

Индекс остаточной адгезии рассчитывали и переводили в процентный показатель [13] по формуле: $I_{ao} = \lg A / \lg N \cdot 100\%$, где I_{ao} – индекс остаточной адгезии; $\lg A$ – число адгезированных бактерий, выраженных через десятичный логарифм (КОЕ/мл); $\lg N$ – количество бактерий исходной взвеси, наносимой на стандартный образец, выраженное через десятичный логарифм (КОЕ/мл) [14].

Для проведения статистических исследований применяли пакет прикладных программ «Statistica 12.5». Для оценки на нормальность выборки использовали критерий Shapiro–Wilk's W test с дальнейшим применением критерия Манна–Уитни с принятым уровнем значимости $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

При исследовании адгезии к композитным материалам (материал 1 – FROMLABS SG, материал 2 – NEXTDENT, материал 3 – HARZLABS) штаммов бактерий *E. coli* ATCC 25982 *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *C. albicans* NoCTC885-653, *Streptococcus mutans* – 3003, *Streptococcus mitis* NCTC 10712, *Pseudomonas aeruginosa* B-8243 установлено, что в контрольной серии экспериментов (образцы без стерилизации) индексы остаточной адгезии находились на высоком уровне, $p < 0,05$ (табл. 1).

Таблица 1

Остаточная адгезия штаммов бактерий *E. coli* ATCC 25982 *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *C. albicans* NoCTC885-653, *Streptococcus mutans* – 3003, *Streptococcus mitis* NCTC 10712, *Pseudomonas aeruginosa* B-8243 к трем видам конструкционных материалов стерильных (материал 1 – FROMLABS SG, материал 2 – NEXTDENT, материал 3 – HARZLABS) в течение срока стерилизации

Вид обработки поверхности / вид материала	<i>E. coli</i> ATCC 25982	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538	<i>C. albicans</i> NoCTC885-653	<i>Streptococcus mutans</i> – 3003	<i>Streptococcus mitis</i> NCTC 10712	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> B-8243
Образцы без стерилизации						
Конструкционный материал 1	11,67±6,29	61,67±3,28	51,66±3,10	69,15±7,10	61,12±3,17	19,13±3,14
Конструкционный материал 2	12,02±5,94 $p_{1-2} < 0,05$ без ст	62,02±5,12 $p_{1-2} < 0,05$ без ст	51,13±5,34 $p_{1-2} < 0,05$ без ст	71,19±5,18 $p_{1-2} < 0,05$ ст	61,78±5,02 $p_{1-2} < 0,05$ без ст	18,92±4,01 $p_{1-2} < 0,05$ без ст
Конструкционный материал 3	13,65±3,08 $p_{1-3} < 0,05$ без ст	60,99±3,44 $p_{1-2} < 0,05$ без ст	54,96±2,56 $p_{1-2} < 0,05$ без ст	67,91±6,98 $p_{1-2} < 0,05$ ст	62,05±6,50 $p_{1-2} < 0,05$ без ст	19,05±3,22 $p_{1-2} < 0,05$ без ст
Среднее значение	12,44±5,10	61,56±3,95	52,48±3,60	69,41±6,42	61,65±4,89	19,03±3,45

остаточной адгезии по используемым конструкционным материалам						
Образцы после стерилизации						
Конструкционный материал 1	0,08±0,0 0 p1-2<0,01 ст	0 p1-2<0,05 ст	0 p1-2<0,05 ст	0 p1-2<0,05 ст	0 p1-2<0,05 ст	0,00±0
Конструкционный материал 2	0,08±5,3 3 p1-2<0,01 ст	0,11±0,04 p1-2<0,05 ст	0 p1-2<0,05 ст	0,12±0,00 p1-2<0,05 ст	0,09±0,02 p1-2<0,05 ст	0 p1-2<0,05 ст
Конструкционный материал 3	0,05±0,0 2 p1-2<0,05 ст	0 p1-2<0,05 ст	0 p1-2<0,05 ст	0 p1-2<0,05 ст	0 p1-2<0,05 ст	0 p1-2<0,05 ст
Среднее значение остаточной адгезии по используемым конструкционным материалам	0,03±0,0 0	0	0	0,04±0,0	0,03±0,00	0

Примечание. * — статистически значимые различия между сравниваемыми сериями образцов трех конструкционных материалов стерильных и нестерильных ($p < 0,05$), p 1-2 без ст – сравнение по показателям конструкционный материал 1-2 без ст, p 1-3 – сравнение по показателям конструкционный материал 1-3 без стерилизации, p 1-2 без ст- p1-2 ст $\geq 0,05$, p 1-3 без ст- p1-3 ст $\geq 0,0$

Все штаммы изучаемых бактерий из нанесенной на образцы бактериальной взвеси вступали в процесс адгезии и хорошо прилипали к образцам трех композитных материалов. При изучении образцов после стерилизации 121°C 30 минут выявлено, что процентные показатели остаточной адгезии были достоверно ниже, приближаясь к нулевым показателям, при этом просматривается статистическая значимость по адгезии микроорганизмов к конструкционным материалам: максимальная адгезия после стерилизации к материалу 2 – NEXTDENT, минимальная адгезия к материалу 3 – HARZLABS. Таким образом, процесс стерилизации материалов 121°C 30 минут дает основания говорить о достоверном снижении адгезии микроорганизмов к композитным материалам.

Поскольку исследования показали важность стерилизации при режиме 121°C 30 минут, то представлялось интересным проследить динамику изменений через 24 часа и 10 суток после окончания стерилизации.

Через 24 часа после окончания срока стерилизации процентные показатели остаточной адгезии также были достоверно ниже, чем в контроле, и была выявлена статистически значимая разница между материалами: максимальная адгезия зарегистрирована к материалу 2 – NEXTDENT, разницы по адгезии к материалам 1 – FROMLABS SG и материалу 3 – HARZLABS не выявлено ($p>0,05$) (табл. 2)

Таблица 2

Остаточная адгезия штаммов бактерий *E. coli* ATCC 25982 *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *C. albicans* NoCTC885-653, *Streptococcus mutans* – 3003, *Streptococcus mitis* NCTC 10712, *Pseudomonas aeruginosa* B-8243 к трем видам конструкционных материалов стерильных (1 – FROMLABS SG, 2 – NEXTDENT, 3 – HARZLABS), 24 часа после окончания срока стерилизации

Вид обработки поверхности / вид материала	<i>E. coli</i> ATCC 25982	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538	<i>C. albicans</i> NoCTC885-653	<i>Streptococcus mutans</i> – 3003	<i>Streptococcus mitis</i> NCTC 10712	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> B-8243
Образцы без стерилизации						
Конструкционный материал 1 FROMLABS SG	12,67±6,29	60,76±3,09	54,66±3,78	66,15±7,12	61,72±3,46	17,13±3,15
Конструкционный материал 2 NEXTDENT	13,02±5,11 p1-2<0,05 без ст	61,02±4,18 p1-2<0,05 без ст	51,89±5,00 p1-2<0,05 без ст	71,89±5,14 p1-2<0,05 ст	68,70±5,00 p1-2<0,05 без ст	18,92±4,21 p1-2<0,05 без ст
Конструкционный материал 3 HARZLABS	13,65±3,12 p1-3<0,05 без ст	59,91±3,00 p1-2<0,05 без ст	55,09±2,00 p1-2<0,05 без ст	68,92±6,93 p1-2<0,05 ст	60,05±6,51 p1-2<0,05 без ст	16,05±3,02 p1-2<0,05 без ст
Среднее значение остаточной адгезии по используемым конструкционным материалам	13,11±4,59	61,56±3,95	52,48±3,60	69,97±6,55	63,65±4,84	19,03±3,44
Образцы после стерилизации						
Конструкционный материал 1 FROMLABS SG	5,98±2,70	12,12±2,17	51,67±3,00	13,10±5,10	58,45±3,10	5,00±2,00
Конструкционный материал 2 NEXTDENT	6,08±2,00	12,98±1,27 % p1-2<0,05 ст	51,00±5,25 p1-2<0,05 ст	11,11±5,00 p1-2<0,05 ст	58,00±4,02 p1-2<0,05 ст	5,75±2,50 p1-2<0,05 ст

	p1-2<0,05 ст					
Конструкционный материал 3 HARZLABS	4,05±2,08 p1-2<0,05 ст	11,56±2,00 p1-2<0,05 ст	54,05±2,00 p1-2<0,05 ст	12,08±4,05 p1-2<0,05 ст	56,10±3,50 p1-2<0,05 ст	3,98±3,00 p1-2<0,05 ст
Среднее значение остаточной адгезии по используемым конструкционным материалам	5,30±2,70	13,00±2,00	52,08±3,00	12,40±4,28	57,51±3,54	4,91±2,00

Примечание. * – статистически значимые различия между сравниваемыми сериями образцов трех конструкционных материалов стерильных и не стерильных (p<0,05), p 1-2 без ст – сравнение по показателям конструкционный материал 1-2 без ст, p 1-3 – сравнение по показателям конструкционный материал 1-3 без стерилизации, p 1-2 без ст- p1-2 ст≥0,05, p 1-3 без ст- p1-3 ст≥0,05

Через 10 суток после стерилизации не выявлено различий между содержанием микроорганизмов до стерилизации и через 10 дней после нее, что свидетельствует о значимости срока в 10 дней для оценки уровня остаточной адгезии (табл. 3)

Таблица 3

Остаточная адгезия штаммов бактерий *E. coli* ATCC 25982 *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *C. albicans* NoCTC885-653, *Streptococcus mutans* – 3003, *Streptococcus mitis* NCTC 10712, *Pseudomonas aeruginosa* B-8243 к трем видам конструкционных материалов стерильных (материал 1 – FROMLABS SG, материал 2 – NEXTDENT, материал 3 – HARZLABS), 10 суток после стерилизации

Вид обработки поверхности / вид материала	<i>E. coli</i> ATCC 25982	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538	<i>C. albicans</i> NoCTC885-653	<i>Streptococcus mutans</i> – 3003	<i>Streptococcus mitis</i> NCTC 10712	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> B-8243
Образцы без стерилизации						
Конструкционный материал 1	11,67±6,29	61,67±3,28	51,66±3,10	69,15±7,10	61,12±3,17	19,13±3,14
Конструкционный материал 2	12,02±5,94 p1-2<0,05 без ст	62,02±5,12 p1-2<0,05 без ст	51,13±5,34 p1-2<0,05 без ст	71,19±5,18 p1-2<0,05 ст	61,78±5,02 p1-2<0,05 без ст	18,92±4,01 p1-2<0,05 без ст
Конструкционный материал 3	13,65±3,08 p1-3<0,05 без ст	60,99±3,44 p1-2<0,05 без ст	54,96±2,56 p1-2<0,05 без ст	67,91±6,98 p1-2<0,05 ст	62,05±6,50 p1-2<0,05 без ст	19,05±3,22 p1-2<0,05 без ст

Среднее значение остаточной адгезии по используемым конструкционным материалам	12,44±5,10	61,56±3,95	52,48±3,60	69,41±6,42	61,65±4,89	19,03±3,45
Образцы после стерилизации						
Конструкционный материал 1	9,98±5,70	55,61±2,11	51,67±3,00	63,10±5,10	58,45±3,10	15,00±2,10
Конструкционный материал 2	10,08±5,33 p1-2<0,05 ст	54,09±3,65 p1-2<0,05 ст	51,00±5,25 p1-2<0,05 ст	61,11±5,00 p1-2<0,05 ст	58,00±4,02 p1-2<0,05 ст	15,75±2,50 p1-2<0,05 ст
Конструкционный материал 3	10,05±6,08 p1-2<0,05 ст	57,91±3,10 p1-2<0,05 ст	54,05±2,00 p1-2<0,05 ст	57,00±6,06 p1-2<0,05 ст	56,10±3,50 p1-2<0,05 ст	14,98±3,15 p1-2<0,05 ст
Среднее значение остаточной адгезии по используемым конструкционным материалам	10,04±5,70	55,87±2,95	52,08±3,00	60,4±5,38	57,51±3,54	15,24±2,58

Примечание. * – статистически значимые различия между сравниваемыми сериями образцов трех конструкционных материалов стерильных и не стерильных (p<0,05), p 1-2 без ст – сравнение по показателям конструкционный материал 1-2 без ст, p 1-3 – сравнение по показателям конструкционный материал 1-3 без стерилизации, p 1-2 без ст- p1-2 ст≥0,05, p 1-3 без ст- p1-3 ст≥0,05

Заключение

В течение срока стерилизации в режиме 121°C 30 минут остаточная адгезия на материалах 1 – FROMLABS SG и материале 3 – HARZLABS не выявлена, различий по группам сравнения не установлено (p>0,05).

После стерилизации через 24 часа после окончания срока *S. aureus* на образце 1 характеризовался высоким уровнем адгезии до стерилизации и в 5,1 раза более низким после (60,76±3,09 и 12,12±2,17% соответственно различия статистически значимы) p<0,05, на образце 2 (61,02±4,1 и 12,98±1,27%) различия статистически значимы) p<0,05. на образце 3 (59,91±3,00 и 13,00±2,00%). (*C. albicans* CTC885-653 характеризовался высоким уровнем адгезии на образцах без стерилизации, и достоверно более низким после стерилизации у всех трех материалов. p<0,05. *S. mutans* – 3003 характеризовался высоким уровнем адгезии на образцах без стерилизации и достоверно более низким после стерилизации у всех трех материалов, различия статистически значимы, p<0,05. *S. mitis* NCTC 10712 характеризовался высоким уровнем адгезии на образцах без стерилизации и достоверно более низким после

стерилизации у всех трех материалов, различия статистически значимы, $p < 0,05$. Наиболее высокий уровень остаточной адгезии до стерилизации установлен у *S. aureus* и *C. albicans*, *S. mutans* – 3003, *Streptococcus mitis* NCTC 10712. Таким образом, различия индексов остаточной адгезии используемых эталонных штаммов до и после стерилизации были статистически значимы, что позволяет судить о влиянии стерилизации в режиме 121°C 30 минут на адгезию анализируемых микроорганизмов (табл. 2).

S. aureus характеризовался высоким уровнем адгезии на образцах как без стерилизации, так и через 10 дней после стерилизации ($61,56 \pm 3,95$ и $55,87 \pm 2,95\%$ соответственно, различия статистически не значимы, $p \geq 0,05$). *C. albicans* NoCTC885-653 характеризовались высоким уровнем адгезии на образцах как без стерилизации, так и спустя 10 дней после стерилизации ($52,48 \pm 3,60$ и $52,08 \pm 3,00\%$, различия статистически не значимы, $p \geq 0,05$). *S. mutans* – 3003 характеризовался высоким уровнем адгезии на образцах как без стерилизации, так и после стерилизации ($69,41 \pm 6,42$ и $60,4 \pm 5,38$ соответственно, различия статистически не значимы, $p \geq 0,05$). *S. mitis* NCTC 10712 характеризовался высоким уровнем адгезии на образцах как без стерилизации, так и через 10 дней после стерилизации ($61,65 \pm 4,89$ и $57,51 \pm 3,54$ соответственно, различия статистически не значимы, $p \geq 0,05$). Наиболее высокий уровень адгезии установлен у *S. aureus* и *C. albicans*, *S. mutans* – 3003 *Streptococcus mitis* NCTC 10712. Таким образом, все различия индексов остаточной адгезии используемых эталонных штаммов до и после стерилизации имели лишь тенденцию к отличию до и через 10 дней после стерилизации.

Проведенное исследование доказывает необходимость стерилизации хирургических шаблонов для дентальной имплантации и использования не позднее чем через 24 часа после стерилизации путем автоклавирования.

Список литературы

1. Peltzer K., Hewlett S., Yawson A.E., Moynihan P., Preet R., Wu Fan, Godfrey Guo G., Arokiasamy P., Snodgrass J.J, Chatterji S., Engelstad M.E., Kowal P. Prevalence of Edentulism and Its Correlation with Risk Factors among Elderly Population in India // Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry. 2016. Vol. 6, no. 5. P. 437-441. DOI: 10.4103/2231-0762.192970.
2. Barazanchi A., Li K.C., Al-Amleh B., Lyons K., Waddell J.N. Additive Technology: Update on Current Materials and Applications in Dentistry // J. Prosthodont. 2017. Vol. 26 (2). P. 156-163. DOI: 10.1111/jopr.12510.

3. McGaffey M., Zur Linden A., Bachynski N., Oblak M., James F., Weese F.J. Manual polishing of 3D printed metals produced by laser powder bed fusion reduces biofilm formation // *PloS one*. 2019. Vol. 14, no. 2. P. e0212995. DOI: 10.1371/journal.pone.0212995.
4. Апресян С.В., Суонио В.К., Степанов А.Г., Ковальская Т.В. Оценка функционального потенциала CAD-программ в комплексном цифровом планировании стоматологического лечения // *Российский стоматологический журнал*. 2020. Т. 24. № 3. С. 131-134. DOI: 10.17816/1728-2802-2020-24-3-131-134.
5. Wang X., Zhang Y., Jiang X., Wang Y., Li Y., Li X. Design, and fabrication of a novel surgical guide for dental implant placement using CAD/CAM technology // *J. Prosthodont Res*. 2019. Vol. 63 (2). P. 220-224. DOI: 10.1016/j.jpor.2018.11.004.
6. Alghamdi H.S., Alqahtani N.D., Alshammari F.S., Alqahtani M.A. Comparison of accuracy between conventional and computer-aided implant placement systems: A systematic review and meta-analysis // *J. Prosthet Dent*. 2021. Vol. 125 (2). P. 219-228.e2. DOI: 10.1016/j.prosdent.2020.04.011.
7. Berli C., Thieringer F.M., Sharma N., Müller J.A., Dedem P., Fischer J., Rohr N. Comparing the mechanical properties of pressed, milled and 3D printed resins for occlusal devices // *J. Prosthet Dent*. 2020. Vol. 124 (6). P. 780-786. DOI: 10.1016/j.prosdent.2019.10.024.
8. Арутюнов С.Д., Степанов А.Г., Апресян С.В., Абакарова Д.С., Зязиков М.Д. Фрезерованный трансдентальный имплантат // Патент РФ № 2529392. Патентообладатель Арутюнов С.Д. 2014. Бюл. № 27.
9. Muslov S.A., Lotkov A.I., Polyakov D.I., Stepanov A.G., Arutyunov S.D. Measurement and Calculation of Mechanical Properties of Silicone Rubber // *Russian Physics Journal*. 2021. Vol. 63, no. 9. P. 1525-1529. DOI: 10.1007/s11182-021-02201-z.
10. Sennhenn-Kirchner S., Weustermann S., Mergeryan H., Jacobs H.G., Borg-von Zepelin M., Kirchner B. Preoperative sterilization and disinfection of drill guide templates // *Clin Oral Investig*. 2008. Vol. 12 (2). P. 179-187. DOI: 10.1007/s00784-007-0153-9.
11. Arisan V., Bölükbaşı N., Öksüz L. Computer-assisted flapless implant placement reduces the incidence of surgery-related bacteremia // *Clin Oral Investig*. 2013. Vol. 17 (9). P. 1985-1993. DOI: 10.1007/s00784-012-0886-y.
12. Hukins D.W.L.W.L., Mahomed A., Kukureka S.N.N. Accelerated aging for testing polymeric biomaterials and medical devices // *Med. Eng. Phys*. 2008. Vol. 30, no. 10. P. 1270-1274. DOI: 10.1016/j.medengphy.2008.06.001.
13. Царев В.Н., Степанов А.Г., Ипполитов Е.В. Подпорин М.С., Царева Т.В. Контроль первичной адгезии микроорганизмов и формирования биоплёнок на стоматологических материалах, используемых для трансдентальной имплантации при зубосохраняющих

операциях // Клиническая лабораторная диагностика. 2018. Т. 63, № 9. С. 568-573. DOI: 10.18821/0869-2084-2018-63-9-568-573.

14. Сипкин А.М., Демьянова А.В., Царева Т.В. Результаты изучения адгезии микроорганизмов к титановым пластинам, используемым при остеосинтезе костей лицевого скелета, в эксперименте. // Стоматология. 2020. № 99 (5). С. 7-10. DOI: 10.17116/stomat2020990517.