

3. Волков А. Г., Носов В. В., Дикопова Н. Ж. // IX Международная конф. челюстно-лицевых хирургов и стоматологов: Материалы конф. – СПб., 2004. – С. 44–45.
4. Ефанов О. И., Волков А. Г. // Клини. стоматол. – 2005. – № 3. – С. 22–25.
5. Ефанов О. И., Носов В. В., Волков А. Г., Дикопова Н. Ж. Способ направленного локального внутриканального воздействия постоянным током (апекс-форез) при эндодонтическом лечении зубов: Пат. на изобрет. № 2252795 от 27 мая 2005 г. по заявке № 2003133253 от 17 ноября 2003 г. // Бюл. изобрет. Полезные модели. – 2005. – № 15. – Ч. 4. – С. 747.
6. Ефанов О. И., Царев В. Н., Волков А. Г. и др. // Стоматология. – 2006. – Т. 85, № 5. – С. 20–23.
7. Ефанов О. И., Царев В. Н., Волков А. Г. и др. // Рос. стоматол. журн. – 2006. – № 4. – С. 4–5.
8. Ефанов О. И., Царев В. Н., Волков А. Г. и др. // Рос. стоматол. журн. – 2008. – № 2. – С. 38–42.
9. Ефанов О. И., Волков А. Г. // Ортодонтия. – 2009. – № 3. – С. 32–37.
10. Ушаков Р. В., Царев В. Н. Этиология и этиотропная терапия неспецифических инфекций в стоматологии. – Иркутск, 1997.
11. Armitage G. C. // Ann. Periodontol. – 1996. – Vol. 1. – P. 37–215.
12. Brook I. J., Hunter V., Walker R. I. // J. Infect. Dis. – 1984. – Vol. 149. – P. 924–928.
13. Dahlen G., Samuelsson W., Molander A., Reit C. // Oral Microbiol. Immunol. – 2000. – Vol. 15, № 5. – P. 309–312.
14. Ezzo P. I., Culter C. W. // Periodontology 2000. – 2003. – Vol. 32. – P. 24–35.
15. Peculiene V., Reynaud A. H., Balciuniene I., Haapasalo M. // Int. Endod. J. – 2001. – Vol. 34, № 6. – P. 429–434.

Поступила 15.09.11

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2012

УДК 615.46.03:616.31|.07

Э. С. Каливрадзян<sup>1</sup>, Н. В. Чиркова<sup>1</sup>, И. П. Рыжова<sup>2</sup>, Н. В. Примачева<sup>1</sup>

## ИЗУЧЕНИЕ ТОКСИКО-ГИГИЕНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАНОЧАСТИЦАМИ КРЕМНИЯ И СЕРЕБРА

<sup>1</sup>ГОУ ВПО Воронежская государственная медицинская академия им. Н. Н. Бурденко (394036, г. Воронеж, ул. Студенческая, д. 10); <sup>2</sup>Белгородский государственный университет (г. Белгород, ул. Победы, д. 85)

*Проведено изучение токсико-гигиенических свойств стоматологических материалов, модифицированных наноразмерными частицами кремния и серебра на 150 белых крысах-самцах. Изучена биосовместимость материалов.*

*Ключевые слова: наноразмерные частицы кремния, серебро, токсико-гигиенические свойства*

THE INVESTIGATION INTO TOXIC AND HYGIENIC PROPERTIES OF DENTAL MATERIALS MODIFIED WITH SILICON AND SILVER NANOPARTICLES

Kalivradzhyan E.S., Chirkova N.V., Ryzhova I.P., Primacheva N.V.

*The objective of the present work was to study toxic and hygienic properties of dental materials modified with silicon and silver nanoparticles. The biocompatibility of these materials was estimated in experiments carried out on 150 white rats.*

*Key words: silicon nanoparticles, silver, toxic and hygienic properties*

Одним из перспективных направлений в стоматологическом материаловедении последних лет является разработка отечественных материалов, обладающих комплексом улучшенных или новых свойств. К ним относятся новейшие типы материалов, такие как наноцементы, полимерные нанокомпозиты и нанополимеры, которые могут быть использованы не только в ортопедической стоматологии, но и в других разделах стоматологии [9]. Наноструктурированные материалы чрезвычайно перспективны. На сегодняшний день особый интерес вызывают пористые наночастицы, которые состоят из элементов, входящих в состав организма. Такие наноматериалы обычно не вызывают аллергических реакций. Они потенциально могут быть расщеплены и выведены из организма, и в порах этих материалов можно разместить, например, серебро, которое в ионном виде оказывает бактерицидное, противовирусное, выраженное противогрибковое и противовирусное действие и служит высокоэффективным обеззараживающим средством в отношении патогенных микроорганизмов, вызывающих острые инфекции [5, 8].

Актуальной научной задачей является разработка биосовместимых, высокопрочных и высокотехнологичных нанопластмасс для базисов съемных пластиночных протезов, а также наноцементов для фиксации несъемных стоматологических конструкций.

Существуют два основных направления разработки материалов – создание новых высокотехнологичных материалов и модификация хорошо зарекомендовавших себя недорогих, но не менее эффективных материалов.

Наноразмерные частицы пористого кремния в виде различных соединений входят в состав лекарственных и косметических препаратов. Нанокремний, стимулируя процессы пролиферации и регенерации, ускоряет обновление эпидермиса и восстанавливает функции клеток дермы – фибробластов [8]. В воде кремний подавляет бактерии, вызывающие брожение и гниение, осаждает тяжелые металлы, нейтрализует хлор, адсорбирует радионуклиды. Биоактивные наноразмерные частицы кремния могут проникать в глубокие слои кожи, очищать их и обеспечивать защиту, сохраняя естественную проницаемость и дыхательную способность кожи. Однако системная токсичность наноразмерных частиц кремния для животных и человека изучена недостаточно. Широта спектра применения кремния ставит их на одно из первых мест в списке наночастиц, требующих детального изучения его биологических свойств [2, 8].

Данная работа посвящена исследованию свойств цинк-фосфатных и акриловых композиций, модифицированных наноразмерными частицами кремния и серебра.

### Материал и методы

Цинк-фосфатные цементы используются в ортопедической стоматологии для фиксации несъемных конструкций

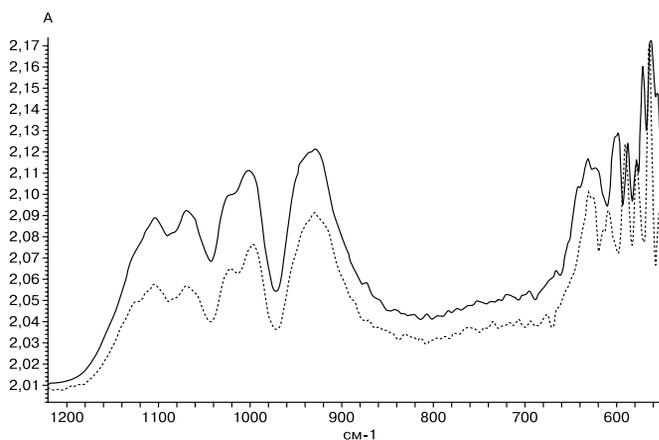
Каливрадзян Эдвард Саркисович – д-р мед. наук, проф., зав. каф., 8 (473) 253-00-05

Таблица 1. Распределение животных по группам

Группа	Экспериментальные животные (белые крысы-самцы)	Количество животных (белых крыс-самцов)
1-я	Контрольная	30
2-я	Животные с внутримышечными имплантатами из акрилового полимера "Фторакс"	30
3-я	Животные с внутримышечными имплантатами из акрилового полимера модифицированного наноразмерными частицами кремния	30
4-я	Животные с внутримышечными имплантатами из цинк-фосфатного цемента, модифицированного наноразмерными частицами кремния	30
5-я	Животные с внутримышечными имплантатами из цинк-фосфатного цемента "Висцин"	30

уже более 100 лет и за этот период зарекомендовали себя с положительной стороны благодаря простоте использования, легкости замешивания, достаточным прочностным показателям, хорошей текучести, механической адгезии и низкой стоимости. Однако с развитием современных технологий, появлением новых фиксирующих материалов и возросших к ним требований – постоянства объема, хорошей совместимости с тканями зуба, металлами, пластмассами, фарфором, диоксидом циркония и оксидом алюминия, отсутствия раздражения дентина и пульпы – применение цинк-фосфатных материалов снизилось [1]. Мы провели анализ физико-механических свойств цинк-фосфатного цемента для фиксации несъемных конструкций зубных протезов, модифицированного наноразмерными частицами кремния. В качестве исследуемого материала был выбран цинк-фосфатный цемент «Висцин» производства «Радуга-Р», имеющий стандартную рецептуру. Этот материал был модифицирован путем добавления к его порошку наноразмерных частиц кремния. Нанокремний был получен из пористого кремния при его ультразвуковой обработке. Размер частиц и состав модифицирующей добавки были подтверждены соответственно электронной микроскопией и инфракрасной спектрографией, выполненными на базе Центра коллективного пользования Воронежского государственного университета.

На кафедре ортопедической стоматологии ВГМА им. Н. Н. Бурденко разработана акриловая композиция, которая представляет собой мелкодисперсный, окрашенный в розовый цвет порошок, являющийся суспензионным и привитым



Спектрограммы исследуемых образцов: верхняя – исходный материал, нижняя – модифицированный материал.

сополимером метилового эфира метакриловой кислоты и жидкостью, содержащую сшивагент – демитакриловый эфир дифенолопропана. В порошок добавлены наноразмерные частицы кремния в объеме 0,1%. Для повышения эффективности ортопедического лечения съёмными протезами нами использован метод серебрения порошка полимера. Полимеризация осуществлялась на водяной бане при 100°C [3]. Изучение основных физико-механических свойств акрилового полимера, модифицированного наноразмерными частицами кремния, проводилось по методике ГОСТ Р 51889–2002. Предел прочности на разрыв, изгиб и модуль упругости определяли на разрывной машине с постоянной скоростью траверсы ( $5 \pm 1$  мм/мин).

Были проведены токсико-гигиенические, физико-химические исследования свойств образцов наномодифицированных композиций для оценки их биосовместимости. Выполнен хронический эксперимент на 150 белых крысах-самцах с массой тела  $210 \pm 5$  г, которым под внутривенным наркозом тиопентал натрия (30 мг/кг) внутримышечно в область бедра были имплантированы образцы цинк-фосфатного цемента, модифицированного наноразмерными частицами кремния, базисного акрилового полимера «Фторакс» и акрилового полимера, модифицированного наночастицами кремния. Животные в ходе эксперимента были распределены на группы (табл. 1).

Через 7, 14, 21 сут и 1, 3, 6 мес по 5 крыс из каждой группы подвергали эвтаназии (под наркозом, путем кровопускания) согласно ГОСТ Р ИСО 10993.1–99. После вскрытия осматривали полости груди и живота, оценивали макроскопические изменения внутренних органов и тканей. Для сохранения чистоты эксперимента исключали животных с пневмонией, паразитарной инвазией и выраженными патолого-анатомическими изменениями внутренних органов. Для получения значимых патоморфологических изменений экспериментальный материал фиксировали в 10% нейтральном формалине, ткани органов после уплотнения и обезвоживания заливали парафином, срезы окрашивали гематоксилином Карацци и эозином для обзорной микроскопии и пикрофуксином по Ван-Гизону для исследования соединительнотканых структур. На базе Орловской больницы скорой медицинской помощи им. Н. А. Семашко было просмотрено и проанализировано 720 гистологических препаратов. Определяли весовые коэффициенты внутренних органов и взвешивали их на торсионных весах. Исследовали показатели морфологического состава периферической крови: количество лейкоцитов, эритроцитов, тромбоцитов, ретикулоцитов, гемоглобина и СОЭ в разные сроки эксперимента.

## Результаты и обсуждение

При инфракрасной Фурье-спектроскопии зарегистрированы изменения, возникающие в ходе реакции кристаллизации при модификации цинк-фосфатного цемента наноразмерными частицами кремния. Согласно спектрограмме (см. рисунок), в образцах исследуемого нового материала образовывалось большее количество связанной воды по сравнению с исходным материалом. В области волновых чисел в диапазоне от 600 до 620  $\text{см}^{-1}$  на графике модифицированного материала появляется пик, который может соответствовать образованию силикофосфатного геля.

При модификации цинк-фосфатного цемента наноразмерными частицами кремния в соотношении 0,06% по массе к порошку происходили наибольшие положительные изменения в кристаллизованном состоянии по сравнению с исходным материалом: возростала прочность на сжатие на 15%, увеличивались сила адгезии к дентину зуба в 2,5–3 раза и общее время твердения, а следовательно, и рабочее время на 20–40 с, уменьшалась величина экзотермической реакции на 2,5–3°C [4].

Таблица 2. Физико-химические свойства модифицированного и немодифицированного акрилового полимера

Показатель	Акриловый полимер	Модифицированный акриловый полимер
Предел прочности при разрыве, МПа	71	78
Модуль упругости, МПа	2040	2085
Прочность при изгибе, МПа	67	72
Показатель трещиностойкости KI	1.2	1.4

Полученные результаты физико-механических исследований дали основание говорить об улучшении основных физико-механических свойств акрилового полимера, модифицированного наноразмерными частицами кремния, по сравнению с акриловым полимером (табл. 2).

Проведенные нами токсико-химические исследования продемонстрировали новый эффект: наноразмерный кремний обеспечивает более глубокую степень полимеризации акриловых пластмасс и полностью блокирует остаточный мономер, который является основным токсическим агентом.

Анализ показателей динамики массы тела у интактных и подопытных белых крыс свидетельствует о том, что после внутримышечной имплантации образцов цинк-фосфатного и модифицированного цемента, полимера «Фторакс» и модифицированного наноразмерными частицами кремния акрилового полимера масса тела животных в разные сроки наблюдения не различалась. Данные представлены в табл. 3.

Температура тела подопытных животных после внутримышечной имплантации образцов акрилового полимера и модифицированного наноразмерными частицами кремния акрилового полимера также существенно не менялась на протяжении всего эксперимента. После оперативного вме-

шательства у подопытных животных отмечалось повышение ректальной температуры до 38,2–38,3°C по сравнению с 38°C у контрольных животных, что было связано с реакцией на травму. Однако к 14-м суткам температура тела снизилась до 38–38,1°C и оставалась в пределах физиологической нормы до конца эксперимента. В табл. 4 показана динамика температуры тела контрольных и подопытных животных – белых крыс в разные сроки хронического эксперимента.

Анализ весовых коэффициентов сердца, печени, левой и правой почек подопытных животных показал, что они существенно не отличались от весовых коэффициентов у контрольных животных.

На основании исследований периферической крови сделан вывод о том, что количество эритроцитов, тромбоцитов, гемоглобина после имплантации образцов медицинских полимеров существенно не изменялось и находилось в пределах физиологической нормы до конца эксперимента.

В печени гепатоциты расположены балками, радиально, не имеют базальной мембраны, интимно контактируют с синусоидами, балки ограничивают желчный капилляр. Хорошо выражены центральные вены, портальные тракты с умеренным склерозом вокруг «триад».

Почки с рыхлой соединительнотканной стромой, слабо развитым интерстицием в корковом веществе и состоящим из тонких ретикулярных волокон в мозговом веществе, ретикулярные волокна более утолщены и расположены параллельно канальцам и сосудам. Клубочки с наружным листком капсулы, который представлен одним слоем плоских и низких кубических эпителиальных клеток, висцеральным листком, образованным крупными клетками.

Сердце с поперечнополосатыми мышечными волокнами, кардиомиоцитами, которые, контактируя между собой, образуют функциональные мышечные волокна, залегающие послойно. Эпикард образован тонкой пластинкой соединительной ткани, плотно срастающейся с миокардом. В некоторых участках глубокий коллагеновый слой отсутствует или сильно разрушен. Эндокард выстлан эндотелием, состоящим

Таблица 3. Динамика массы тела (в кг) экспериментальных животных

Срок наблюдения	Группы наблюдения		
	контрольная	животные с внутримышечными имплантатами из акрилового полимера	животные с внутримышечными имплантатами из полимера, модифицированного наноразмерными частицами кремния
7 сут	211,39 ± 4,9	221,4 ± 5,5	211,39 ± 5,27
14 сут	225 ± 3,57	232,2 ± 2,77	224,8 ± 2,58
21 сут	240 ± 3,96	239,6 ± 4,33	240 ± 5,58
1 мес	254,8 ± 2,38	254,2 ± 2,38	254,8 ± 2,86
2 мес	282,6 ± 2,4	283,79 ± 2,58	283,3 ± 2,3
3 мес	308,39 ± 2,3	310,2 ± 2,28	311,2 ± 1,92
6 мес	343,6 ± 3,2	345,39 ± 1,34	343 ± 2,64

Примечание. Здесь и в табл. 4: в каждой группе и в любой срок использовали по 5 животных (n = 5). Различия между контрольной и опытными группами статистически недостоверны (p > 0,05).

Таблица 4. Динамика температуры тела (в °C) экспериментальных животных – белых крыс

Срок наблюдения	Группы наблюдения		
	контрольная	животные с внутримышечными имплантатами из акрилового полимера	животные с внутримышечными имплантатами из полимера, модифицированного наноразмерными частицами кремния
7 сут	38,1 ± 0,05	38,16 ± 0,05	38,16 ± 0,05
14 сут	38,10 ± 0,44	38,18 ± 0,044	378,16 ± 0,02
21 сут	38,02 ± 0,01	38,14 ± 0,054	38,12 ± 0,024
1 мес	38,04 ± 0,05	38,12 ± 0,04	38,06 ± 0,05
2 мес	38,02 ± 0,04	38,08 ± 0,88	38,1 ± 0,07
3 мес	38,0 ± 0,04	38,04 ± 0,05	38,04 ± 0,05
6 мес	38,02 ± 0,04	38,06 ± 0,05	38,06 ± 0,05

из полигональных клеток, глубже расположен мышечно-эластический слой, в котором эластические волокна переплетаются с гладкими мышечными клетками.

Селезенка имеет типичное гистологическое строение. Белая пульпа представлена лимфатическими фолликулами с эксцентрично расположенными центральными артериями. Центральная часть фолликулов выглядит светлой (реактивный центр, или центр размножения). Красная пульпа состоит из многочисленных кровеносных сосудов синусоидного типа с селезеночными и пульпарными тяжами с выраженным полнокровием.

Мягкие ткани представлены поперечнополосатыми мышечными волокнами, образующими пучки, располагаясь в них параллельными рядами окруженной снаружи жировой тканью.

## Выводы

1. При модификации цинк-фосфатного цемента наноразмерными частицами кремния в соотношении 0,06% по массе к порошку происходят наибольшие положительные изменения в кристаллизованном состоянии по сравнению с исходным материалом, а именно: возрастает прочность на сжатие на 15%, увеличивается сила адгезии к дентину зуба в 2,5–3 раза, уменьшается величина экзотермической реакции на 2,5–3°C, увеличивается общее время твердения, а следовательно, и рабочее время на 20–40 с.

2. Экспериментальные исследования по изучению модифицированных полимерных материалов свидетельствуют об

улучшении показателей прочности, повышении трещиностойкости, а также о наличии остаточного мономера.

3. Результаты исследований по изучению фиксирующих и полимерных материалов, модифицированных наночастицами кремния, указывают на их потенциально лучшую биосовместимость.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абдурахманов А. И., Курбанов О. Р. Материалы и технологии в ортопедической стоматологии. – М., 2000.
2. Арутюнов С. Д., Марагарян Э. Г. // Рос. стоматол. журн. – 2007. – № 1. – С. 6–7.
3. Каливраджиян Э. С., Чиркова Н. В. // Современ. ортопед. стоматол. – 2010. – № 14. – С. 8–10.
4. Каливраджиян Э. С., Чиркова Н. В. // Систем. анализ и управл. в биомед. системах. – 2011. – Т. 10, № 1. – С. 126–128.
5. Каливраджиян Э. С., Подопригора А. В. // Вестн. новых мед. технол. – 2011. – Т. 18, № 3. – С. 126–127.
6. Lumbach L. K., Wick P., Manser P. et al. // Environ. Sci. Technol. – 2007. – Vol. 41, № 11. – P. 4158–4163.
7. Serpone N., Dondi D., Albini A. // Inorg. Chim. Acta. – 2007. – Vol. 360. – P. 794–802.
8. Tawse Smith A. // Int. Acad. Periodontol. – 2001. – Vol. 3, № 1. – P. 22–27.
9. Zacharias M., Heitmann J., Scholz R. et al. // Appl. Phys. Lett. – 2002. – Vol. 80. – P. 661–663.

Поступила 15.09.11

© О. В. СЛЕСАРЕВ, 2012

УДК 616.716.4-091.8

О. В. Слесарев

## МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАБЕКУЛ СПОНГИОЗНОЙ КОСТИ МЫШЦЕЛКОВОГО ОТРОСТКА НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ ЧЕЛОВЕКА

МУЗ стоматологическая поликлиника № 7 ГО Самара (443099, Самара, ул. Чапаевская, д. 89)

*Изменение анатомического положения структур сустава приводит к изменению прохождения напряжений в головке нижней челюсти, адаптивному ремоделированию ее костных элементов, изменению трофики в тканях. Это необходимо учитывать при выборе методов реабилитации больных с заболеваниями височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС). Методы лечения, основанные на ограничении функциональной активности элементов ВНЧС, следует применять с осторожностью.*

Ключевые слова: нижняя челюсть, реабилитация больных, лечение

MORPHO-FUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF SPONGIOUS BONE TRABECULAE OF HUMAN CONDYLAR PROCESS

Slesarev O.V.

*A change in the anatomical position of the articular structures is known to alter strain transmission properties of the head of the mandible, cause adaptive rearrangement of its structural elements, and induce transformation of tissue trophic characteristics. These facts should be taken into consideration when choosing methods for the rehabilitation of the patients presenting with temporomandibular joint (TMJ) diseases. It is concluded that caution is needed when using the methods based on the inhibition of the functional activity of TMJ constituent elements.*

Key words: mandible, rehabilitation of the patients, treatment

Заболевания височно-нижнечелюстного сустава составляют значительную долю у больных стоматологического профиля и сопровождаются, как правило, морфофункциональными изменениями всех компонентов кости. Это подтверждается рентгенологически адаптационно-компенсаторными изменениями анатомической формы костных элементов су-

Слесарев Олег Валентинович – канд. мед. наук, главврач городской стоматологической поликлиники № 7 ГО, тел. 8 (846) 332-36-63

става [2]. Важную роль в этих процессах играет спонгиозная кость [3, 4].

Цель работы – изучить морфофункциональные особенности трабекул спонгиозной кости мышцевого отростка нижней челюсти (НЧ) человека в норме в период сформированного прикуса.

**Материал и методы.** Лакунарно-канальцевую систему, гистоструктуру и архитектуру трабекул спонгиозной кости мышцевого отростка НЧ человека изучали на мате-