

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СКОРОСТИ ДИФФУЗИИ ИОНОВ КАЛИЯ ИЗ НОВОГО ДЕСЕНСИТИВНОГО ГЕЛЯ

Анастасия Николаевна Козьменко, Надежда Анатольевна Белоконова*

Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург

Реферат

Цель. Сравнить содержание солей калия в специализированных зубных пастах и оценить возможность диффузии ионов калия через дентинные каналы после кондиционирования твёрдых тканей зуба фтористыми соединениями, содержащимися в зубной пасте.

Методы. В качестве объектов исследования выбраны десенсиитивные зубные пасты «Sensodyne F» (с хлоридом калия), «PresiDENT Sensitive» (с нитратом калия), «Asepta Sensitive» (с цитратом калия) и новый десенсиитивный гель (с хлоридом калия). Анализ скорости диффузии ионов калия через твёрдые ткани зуба после их кондиционирования фторосодержащими десенсиитивными зубными пастами проводили с использованием потенциометрического метода и специального устройства, включающего в качестве мембраны шлиф зуба.

Результаты. Учитывая, что нанесение зубной пасты осуществляется в течение 5 мин, а геля — 15–20 мин, можно предположить, что из 1 г геля биодоступно будет 41 мг ионов калия, а из 1 г пасты №1 — 5,9±0,5 мг, из №2 — 0,4±0,05 мг, из №3 — 7,8±0,5 мг, то есть из геля — больше в 7, 102 и 5 раз соответственно. Скорость диффузии ионов калия из нового десенсиитивного геля через дентинные каналы составила от 0,2 до 1,64 мкг/мин и зависела от количества дентинных каналов, способных в мембране пропускать ионы калия. Десенсиитивная фторосодержащая зубная паста, попадая в дентинные каналы, снижала скорость диффузии солей калия даже из раствора в 4–7 раз. Это может быть связано и с образованием защитных фторосодержащих плёнок. В свете этого на первом этапе лечения при гиперестезии твёрдых тканей зубов с использованием нового десенсиитивного геля целесообразно применение зубной пасты без фтора.

Вывод. По сравнению с исследованными зубными пастами в новом десенсиитивном геле содержится больше ионов калия в свободном состоянии, которые могут проникать в дентинные каналы и подавлять активность сенсорных нервных окончаний; диффузия ионов калия через дентинные каналы после их кондиционирования фторосодержащими зубными пастами снижается в 4–7 раз.

Ключевые слова: соли калия, диффузия, зубные пасты, новый десенсиитивный гель, повышенная чувствительность зубов.

EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF POTASSIUM IONS DIFFUSION SPEED FROM NEW GEL REDUCING DENTAL SENSITIVITY

A.N. Kozmenko, N.A. Belokonov

Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia

Aim. To compare the contents of potassium salts in specialized toothpastes, and to estimate the possibility for potassium ions diffusion through dentinal tubules after firm tooth tissues conditioning by a toothpaste containing fluoride.

Methods. Toothpastes specially formulated to treat the pain of sensitive teeth: «Sensodyne F» (contains potassium chloride); «PresiDENT Sensitive» (potassium nitrate); «Asepta Sensitive» (potassium citrate) and new gel reducing dental sensitivity (contains potassium chloride) were examined. Speed of potassium ions diffusion through dentinal tubules after firm tooth tissues conditioning by a toothpaste containing fluorine substances were measured by potentiometry and a special device using tooth slice as a membrane.

Results. Considering that toothpaste is applied within 5 minutes, while gel — within 15–20 minutes, it is possible to assume that potassium ions bioavailability from 1 g of gel can be assessed as 41 mg, compared to 5.9±0.5 mg from 1 g of paste №1, 0.4±0.05 mg — №2; 7.8±0.5 mg — №3. So, potassium ions bioavailability from 1 g of gel is 7; 102; 5 times higher (respectively) compared to toothpastes. Speed of potassium ions diffusion through dentinal tubules ranged between 0.2 to 1.64 µg/min and depended on the number of membrane potassium channels permeable for potassium. Fluoride toothpastes specially formulated to treat the pain of sensitive teeth reduced the speed of potassium ions diffusion from the solution by 4–7 times by blocking the dentinal tubules. This can be also associated with fluoride-containing protective film formation. Therefore, at the first stage of treatment of teeth hypersensitivity using new gel, it is better to use a toothpaste without fluoride.

Conclusion. Compared to the examined toothpastes, new gel for reducing dental sensitivity contains higher number of potassium free ions, which can enter dentinal tubules reducing the effect on free nerve endings. Potassium ions diffusion through dentinal tubules reduced 4–7-fold after conditioning by a toothpaste containing fluoride.

Keywords: potassium salts, diffusion, toothpastes, new gel for reducing dental sensitivity, teeth hypersensitivity.

Для снижения повышенной чувствительности зубов широко используют специальные средства гигиены — зубные пасты, ополаскиватели и гели [3, 4, 8]. Зубные пасты — важный продукт массового потребления, представляют собой сложную систему, предназначенную в первую очередь для

очистки зубов от пищевых остатков, мягкого зубного налёта, зубной бляшки. Также зубные пасты препятствуют микробному обсеменению [5]. Десенсиитивные пасты относят к группе лечебно-профилактических по причине введения в их состав компонентов, способных блокировать механизм развития гиперестезии, таких как соли калия (нитрат, цитрат или хлорид), фто-

Адрес для переписки: power2030@yandex.ru

риды, стронций [7]. Среди них наиболее распространены «Lacalut Sensitive», «Oral-B Sensitive», «Sensodyne F», «Sensodyne мгновенный эффект», «Asepta Sensitive», «PresiDENT Sensitive», «Colgate Sensitive Pro-Relief».

Зубные пасты содержат соли калия, которые диффундируют в дентинные каналы, накапливаются в них, деполяризуя мембрану нервных волокон. Из-за их высокой концентрации мембрана не может реполяризоваться, в результате проведение болевого импульса блокируется [6, 7]. Известно, что при использовании фторсодержащей зубной пасты на поверхности зуба образуется фтористая плёнка [2, 9].

Возникают следующие вопросы:

- Целесообразно ли присутствие во фторсодержащих зубных пастах солей калия?

- Целесообразно ли использование новых десенситивных гелей в сочетании с фторсодержащими зубными пастами?

В литературе не встречаются исследования *in vitro*, посвящённые изучению диффузии ионов калия из десенситивных зубных паст через твёрдые ткани зуба после их кондиционирования фтором.

Цель исследования — сравнить содержание солей калия в специализированных зубных пастах и оценить возможность диффузии ионов калия через дентинные каналы после кондиционирования твёрдых тканей зуба фтористыми соединениями, содержащимися в зубной пасте.

Объекты исследования: зубная паста №1 — «Sensodyne F» (содержит хлорид калия), паста №2 — «PresiDENT Sensitive» (с нитратом калия), паста №3 — «Asepta Sensitive» (с цитратом калия), новый десенситивный гель (с хлоридом калия).

В исследовании был использован потенциометрический метод для определения водородного показателя (рН) и концентрации калия в водных системах (прибор «Иономер рХ-150»).

В экспериментальных работах была задействована специальная установка [1]. Модель устройства состояла из двух камер (рис. 1): камеры для образца и камеры выявления, вставляемой внутрь камеры для образца. Камеры разграничены полупроницаемой мембраной (МЗ), являющейся дном камеры выявления. Боковые поверхности камеры выявления выполнены из непроницаемого для гелей и жидкостей материала. Внутри камеры выявления помещена жидкая гомогенная водная среда.

Измерения производили внутри каме-

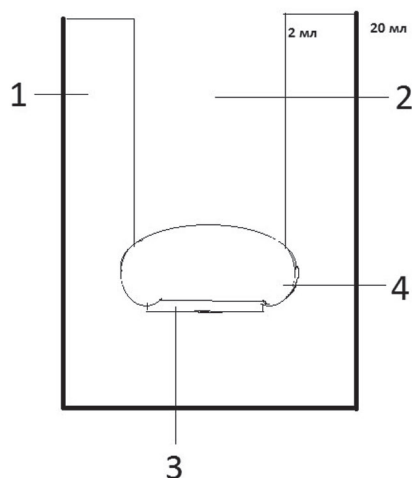


Рис. 1. Устройство для оценки скорости диффузии электролита через дентинные каналы: 1 — камера для образца; 2 — камера выявления; 3 — мембрана (МЗ); 4 — восковая изоляция.

ры выявления. Мембрана МЗ — это шлиф зуба, удалённого по ортодонтическим показаниям, включающий в себя всю толщину дентина (от эмалево-дентинной границы до околопульпарного дентина). Мембрана изготовлена с использованием алмазного сепарационного диска, низкоскоростной бормашины с обязательным водяным охлаждением и отшлифована гибкими дисками Sof Lex (3M-ESPE).

Для оценки клинической эффективности нового десенситивного геля провели обследование и лечение 70 человек — 40 женщин и 30 мужчин, предъявляющих жалобы на повышенную чувствительность зубов, имеющих заболевания пародонта (29 пациентов с хроническим генерализованным пародонтитом лёгкой степени тяжести и 41 пациент с хроническим генерализованным пародонтитом средней степени тяжести) и локализованную рецессию десны. Исследование одобрено этическим комитетом Уральского государственного медицинского университета.

Критерии включения: пациенты обоего пола в возрасте от 20 до 40 лет (средний возраст $31,5 \pm 3,5$ года), имеющие заболевания пародонта, локализованную рецессию десны и являющиеся соматически сохранными.

Критерии исключения:

- признаки острого воспалительного процесса;
- наркотическая или токсическая, в том числе алкогольная, зависимость;
- наличие соматической патологии;

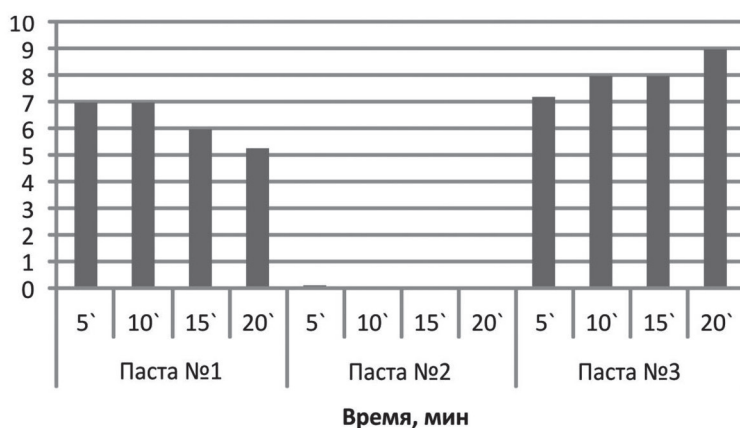


Рис. 2. Изменение концентрации калия в зависимости от времени перемешивания в системе «паста-вода».

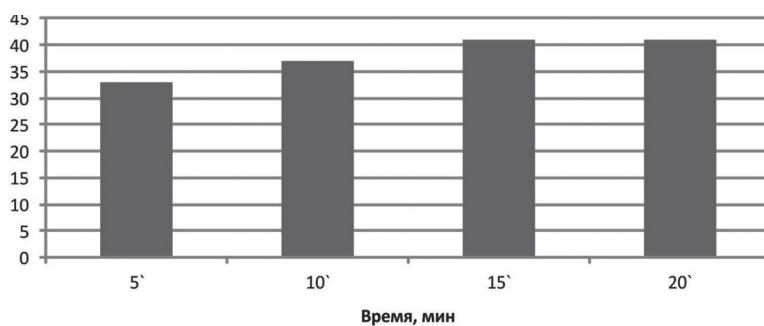


Рис. 3. Изменение концентрации калия в зависимости от времени перемешивания в системе «гель-вода».

- отказ от участия в исследовании на любом из его этапов.

С учётом назначаемых лечебных мероприятий пациенты были разделены на две группы. Первая группа пациентов применяла новый препарат с помощью заранее изготовленной индивидуальной каппы 1 раз в день в течение 20 мин. Второй группе рекомендовали зубную пасту «Sensodyne F» 2 раза в день, ополаскиватель «Sensodyne» 2 раза в день, мягкую зубную щётку + новый десенситивный гель 1 раз в день, время применения 20 мин, с помощью индивидуальной каппы. Курс лечения составлял 10 дней.

Для оценки интенсивности боли использовали невербальный метод – 5-балльную шкалу интенсивности боли, где:

- 5 баллов – боль сохраняется длительно, до 2 мин;
- 4 балла – боль сохраняется менее 2 мин;
- 3 балла – боль возникает от длительно действующих раздражителей и сохраняется не более 1 мин;
- 2 балла – боль возникает изредка и сохраняется в течение 30 с;
- 1 балл – боль не возникает.

Все данные, полученные в ходе собствен-

ных исследований, были закодированы и обработаны с помощью компьютерной статистической программы Vortex 7.0.8.

Как правило, в зубных пастах не указывают количественное содержание солей калия, поэтому на первом этапе было проведено определение содержания калия в десенситивных зубных пастах, чтобы сопоставить с содержанием калия в новом десенситивном геле.

На рис. 2 представлено изменение содержания калия в системе «паста-вода», а на рис. 3 – в системе «гель-вода» в течение 20 мин (навески паст массой 2 г).

Максимальное содержание калия в водных суспензиях пасты №1 определялось через 5 мин, а в суспензиях пасты №3 – через 20 мин. Содержание солей калия в водных суспензиях пасты №2 было минимальным – не более 0,2 ммоль/л.

Для последующих экспериментов были использованы навески массой 2 г. Так как пасты – грубодисперсные системы, и содержание солей калия может быть распределено неравномерно, эксперименты повторяли 5 раз с каждой пастой и определяли содержание калия потенциометрическим мето-

Таблица 1

Концентрация ионов калия в водной среде через 5 мин после перемешивания в системе «паста-вода»

№ образца пасты	Содержание калия в 1 г пасты, мг/г
1	5,9±0,5
2	0,4±0,05
3	7,8±0,5

Таблица 2

Оценка пропускной способности мембран зуба (МЗ) из геля в 0,9% раствор натрия хлорида

	МЗ №1	МЗ №2	МЗ №3	МЗ №4	МЗ №5
Калий, мкг/мин	1,64	0,65	0,2	0,33	1,56

Таблица 3

Экспериментальные данные до и после обработки мембран зуба (МЗ) средствами гигиены

Показатели	До применения пасты и ополаскивателя		После применения пасты и ополаскивателя	
	МЗ №1	МЗ №2	МЗ №1	МЗ №2
мг/л	7,8	308,1	1,56	39
мг/л×мин	0,39	15,405	0,078	1,95

дом с ионоселективным электродом. По градуировочной зависимости определяли концентрацию ионов калия в водной среде, а затем рассчитывали среднее содержание ионов калия в 1 г пасты (табл. 1).

Учитывая, что нанесение зубной пасты осуществляется в течение 5 мин, а гель целесообразно удерживать в течение 15–20 мин, можно предположить, что из 1 г геля биодоступно будет 41 мг ионов калия, а из 1 г пасты №1 – 5,9±0,5 мг, из №2 – 0,4±0,05 мг, из №3 – 7,8±0,5 мг, то есть из геля больше в 7, 102 и 5 раз соответственно.

Скорость диффузии хлорида калия из нового десенситивного геля оценивали с использованием установки, изображённой на рис. 1, при следующих условиях: в камеру для образца (1) помещали 5 г геля, а в камеру выявления (2) – 2,2 мл 0,9% раствора натрия хлорида. Через 20 ч определяли потенциометрическим методом содержание калия в камере выявления и рассчитывали скорость диффузии (табл. 2).

Скорость диффузии изменялась от 0,2 до 1,64 мкг/мин и зависела от количества дентинных канальцев, способных в мембране пропускать ионы калия.

В результате клинического исследования нового десенситивного геля установлено, что после первого применения 42,8% пациентов первой группы и 21,5% пациентов второй группы отмечали снижение болевой реакции до 3 баллов; 51,4 и 47,1% – до 4 баллов; у 5,8 и 34,4% – сохранилась болевая чувствительность, равная 5 баллам.

Этот эффект можно объяснить следующим образом: использование пасты, содержащей фтор, способствовало образованию защитной плёнки, поэтому скорость диффу-

зии ионов калия через дентинные канальцы снизилась.

Для количественного определения *in vitro* возможности диффузии ионов калия через дентинные канальцы мембраны МЗ были обработаны десенситивной зубной пастой «Sensodyne F» (паста №1) и ополаскивателем «Sensodyne». Выбор данной пасты был обусловлен содержанием в ней хлорида калия. Затем мембрану МЗ помещали в 0,9% раствор калия хлорида на 20 мин, в камере выявления была дистиллированная вода.

В результате проведённого эксперимента установлено, что диффузия ионов калия из 0,9% раствора калия хлорида через фтористые соединения зубных паст происходит, хотя скорость процесса снижается в 4 (устройство МЗ №1) и в 7 (устройство МЗ №2) раз (табл. 3).

Анализируя данные проведённого исследования, можно предположить, что на первом этапе лечения при гиперестезии твёрдых тканей зубов с использованием нового десенситивного геля целесообразно рекомендовать зубные пасты без фтора.

ВЫВОДЫ

1. По сравнению с исследованными зубными пастами в новом десенситивном геле содержится больше ионов калия в свободном состоянии, которые могут проникать в дентинные канальцы, накапливаться в них, окружая сенсорные нервные окончания, и подавлять их активность.

2. Диффузия ионов калия через дентинные канальцы после их кондиционирования фторсодержащими зубными пастами снижается в 4–7 раз.

3. Представленный методологический подход к оценке эффективности диффузии через дентинные каналы можно использовать для оценки эффективности других гелевых лекарственных форм, а также при выборе средств для лечения и профилактики гиперестезии зубов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоконова Н.А., Ронь Г.И., Козьменко А.Н., Перевалов С.Г. Устройство для оценки скорости диффузии электролита через дентинные каналы. Патент на полезную модель №138749. Бюлл. №8 от 20.03.2014. [Belokonova N.A., Ron' G.I., Koz'menko A.N., Perevalov S.G. Device for estimating electrolyte diffusion speed through the dentinal tubules. Patent for invention №138749. Bulletin №8, issued at 20.03.2014. (In Russ.)]

2. Будзинский Н.Э., Сирак А.Г., Арутюнов А.В. Сравнительный анализ эффективности лечения гиперестезии твёрдых тканей зубов с использованием препаратов на основе соединений фтора и глутаральдегида // Современ. пробл. науки и образования. — 2014. — №1. — С. 133-140. [Budzinskiy N.E., Sirak A.G., Arutyunov A.V. Comparative analysis of the efficiency of treatment of hyperesthesia of hard tooth tissues with the use of drugs based on fluorine compounds and glutaraldehyde. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2014; 1: 133-140. (In Russ.)]

3. Вольф Г.Ф., Хэссел Т.М. Пародонтология. Гиги-

енические аспекты / Под ред. Г.И. Ронь. — М.: Медпресс-информ, 2014. — 360 с. [Wolf H.F. Hassell T.M. *Color Atlas of Dental Hygiene: Periodontology*. Edited by G.I. Ron'. *Moscow: Medpress-inform*. 2014: 360. (In Russ.)]

4. Руле Ж.Ф., Циммер С. Профессиональная профилактика в практике стоматолога: атлас по стоматологии / Под общ. ред. С.Б. Улитовского, С.Т. Пыркова. — М.: МЕДпресс-информ, 2010. — 368 с. [Roulette J.F., Zimmer S. *Professional prophylaxis in dental practice: Atlas of Dentistry*. Edited by S.B. Ulitovskiy, S.T. Pyrkov. *Moscow: Medpress-inform*. 2010: 368. (In Russ.)]

5. Улитовский С.Б. Гигиена полости рта в пародонтологии. — М.: Медицинская книга, 2006. — 268 с. [Ulitovskiy S.B. *Oral health in periodontics*. *Moscow: Meditsinskaya kniga*. 2006: 268. (In Russ.)]

6. Хамадеева А.М., Комарина Т.А. Планирование лечения гиперестезии зубов // Институт стоматол. — 2006. — Т.3; №32. — С. 72-77. [Khamadeeva A.M., Komarina T.A. *Tooth hypersensitivity treatment planning*. *Institut stomatologii*. 2006; 3 (32): 72-77. (In Russ.)]

7. Addy M., Smith S.R. Dentin hypersensitivity: an overview on which to base tubule occlusion as a management concept // *J. Clin. Dent.* — 2010. — Vol. 21. — P. 25-30.

8. Cummins D.J. Dentin hypersensitivity: from diagnosis to a breakthrough therapy for everyday sensitivity relief // *J. Clin. Dent.* — 2009. — Vol. 20, N 1. — P. 1-9.

9. Day T., Einwag J., Hermann J. et al. A clinical assessment of the efficacy of a stannous-containing sodium fluoride dentifrice on dentinal hypersensitivity // *J. Contemp. Dent. Pract.* — 2010. — Vol. 11, N 1. — P. 1-8.