



DOI: 10.22363/2313-0245-2017-21-3-339-346

ВЛИЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЭЛАСТОМЕРНЫЕ ЦЕПОЧКИ И NiTi ПРУЖИНЫ

А.Н. Шаддуд, Т.Ф. Косырева

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Аннотация. Хорошо известно, что эластомеры изменяют растяжимость под действием температуры. NiTi дуги могут также менять свои свойства при воздействии разных температур. Аутенситные или мартенситные превращения кристаллической решетки никель-титановых сплавов в виде дуг и пружин, которые используются в клинике ортодонтии, связаны с конкретной температурой. Менее известно влияние других факторов окружающей среды, таких как продукты питания, которые могут влиять на силы эластомерных цепочек и эластиков, а также стягивающих NiTi пружин, используемых для закрытия промежутка.

Цель данной работы заключалась в определении эффектов воздействия трех пищевых жидкостей: кока-кола, рафинированное подсолнечное масло и пастеризованное молоко 3,2% на эластомерные цепочки и NiTi пружины. Также изучали влияние температуры 22 °С, 36,6 °С, 55 °С на эластомерные цепочки и стягивающие пружины в течение 24 часов, 7, 14, 21, 28 дней.

Результаты показали, что эластомерная цепочка теряет свою силу под действием испытательных сред и повышения температуры. Никель-титановые пружины мало изменяются под действием пищевых сред, в большей степени с изменением температуры, особенно при ее понижении.

Ключевые слова: никель-титановые закрывающие пружины, деградация силы, эластомерные цепочки

Контактная информация: Шаддуд Айман Назымович — аспирант кафедры стоматологии детского возраста и ортодонтии РУДН. Российский университет дружбы народов, Москва, 117198, ул. Миклухо-Маклая, д.10/2; тел: +7 964 560 5618; e-mail: imanshaddoud@yahoo.com.

Для достижения оптимального перемещения зуба техникой брекет-системы желательны легкие непрерывные силы. Для закрытия промежутка обычно используют эластомерную цепочку и NiTi пружины. Хорошо известно, что эластомерные материалы теряют силу в течение долгого времени даже в сухих условиях [1]. В случае NiTi пружин воздействие факторов окружающей среды и температуры менее известны. Предыдущая наша работа оценивала характеристики распада силы со временем эластомерных цепочек нескольких производителей. Большая часть первоначальной потери силы была в течение первых 24 часов, а затем ее падение продолжалось с гораздо более медленной устойчивой скоростью. Высокие начальные силы испытывают больший распад силы как во влажной среде (слюна и вода), так и на воздухе [1]. Хотя было высказано предположение, что предварительное растяжение эластомерной цепочки перед использованием уменьшает количество распада силы, что имеет ограниченное применение [2]. Попытки тестирования в искусственной слюне [3], термоциклирование [4] и сохранение образцов в водян-

ной бане при температуре 37 °С [5] были неадекватны в естественных условиях. Растяжимость и силы распада эластомерной цепочки в естественных условиях были намного больше, чем в лабораторных условиях [5]. У никель-титановых пружин также была найдена потеря части силы в течение долгого времени, хотя в меньшей степени, чем у эластомеров [6].

Цель данной работы заключалась в определении эффектов воздействия трех пищевых жидкостей: кока-кола, рафинированное подсолнечное масло и пастеризованное молоко 3,2% на эластомерные цепочки и NiTi пружины. Также изучали влияние температуры 22 °С, 36,6 °С, 55 °С на эластомерные цепочки и стягивающие пружины в течение 24 часов, 7, 14, 21, 28 дней.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследовались 60 прозрачных эластомерных цепочек без шага длиной 20 мм двух производителей (Dentaurum и G&H) одного срока действия и 60 NiTi закрывающих пружин производства SIA, длиной 12 мм. Растяжение проводили на прозрачной акриловой пластине толщиной 0,6 см, длиной 25 см и шириной 15 см с 60 отверстиями (15 мм друг от друга), которые были просверлены в глубину 7 мм. Штифты из ортодонтической стальной проволоки диаметром 1 мм были вставлены в отверстия и фиксированы прозрачным универсальным клеем «Момент». Высота штифтов 12 мм.

30 эластомерных цепочек (Dentaurum) были растянуты на расстояние 30 мм, 30 NiTi закрывающих пружин — на расстояние 20 мм между штифтами, и были погружены в различные жидкостные пищевые среды: кока-кола, рафинированное подсолнечное масло, пастеризованное молоко 3,2% при температуре 36,6 °С (по 10 образцов). Также 30 эластомерных цепочек (G&H) были растянуты на расстояние 30 мм, и 30 NiTi закрывающих пружин растянуты на расстояние 20 мм между штифтами, которые содержались при температуре 22 °С (10 образцов), 36,6 °С (10 образцов) и 55 °С (10 образцов) в искусственной слюне («Гипосаликс», Франция). Электронным динамометром измерялись и записывались показания силы растяжения образцов в граммах. Сила растяжения измерялась динамометром через определенные промежутки времени: в начале исследования, через 1 день, через 7 дней, через 14 дней, 21 день и 28 дней. Результаты были подвергнуты статистическому исследованию с доверительным интервалом 5% ($p \leq 0,05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Деформационное поведение эластомерных цепочек Dentaurum и NiTi закрывающих пружин в условиях различных жидкостных пищевых сред и времени. Начальное значение и стандартное отклонение силы эластичной цепочки Dentaurum и NiTi закрывающих пружин через 1, 7, 14, 21 и 28 дней в жидкостных пищевых средах представлены в табл. 1, 2 ($p \leq 0,05$). Начальное значение эластомерной цепочки марки Dentaurum 350 г, NiTi закрывающей пружины — 195 г.

Таблица 1
Table 1

**Потеря силы эластомерных цепочек в различных пищевых средах
через 1, 7, 14, 21, 28 суток (в %)**
(Force decay of elastomeric chains in three different test environments over 28 days)

Период времени (Time)	Эластомерные цепочки Dentaaurum (Elastomeric chains Dentaaurum)		
	Кока-кола Coca cola	Подсолнечное масло Oil	Пастеризованное молоко Milk
0 час (hour)	100%	100%	100%
1 день (day)	39%	45,7%	47%
7 дней (day)	51,7%	55%	56%
14 дней (day)	55,7%	57%	59,4%
21 день (day)	58%	60%	60,5%
28 дней (day)	60%	62,2%	63%

Таблица 2
Table 2

**Потеря силы NiTi закрывающих пружин в различных пищевых средах
через 1, 7, 14, 21, 28 суток (в %)**
(Force decay of niti closed coil springs SIA in three different test environments over 28 days)

Период времени (Time)	NiTi закрывающие пружины		
	Кока-кола Coca cola	Подсолнечное масло Oil	Пастеризованное молоко Milk
0 час (hour)	100%	100%	100%
1 день (day)	11%	11%	11%
7 дней (day)	13,4%	13,4%	13,4%
14 дней (day)	14,3%	14,3%	14,3%
21 день (day)	16,2%	16,2%	16,2%
28 дней (day)	16,9%	16,9%	16,9%

Через 1 день эластичные цепочки марки Dentaaurum потеряли в кока-коле 39% силы, в подсолнечном масле 45,7%. Наибольшая потеря силы эластичной цепочки была в пастеризованном молоке — 47%. NiTi закрывающие пружины теряли 11% от начальной силы во всех жидкостных пищевых средах. Через 24 часа эластичные цепочки Dentaaurum в процентном отношении дали большую потерю силы в пастеризованном молоке. Однако по сравнению с исходными показателями NiTi закрывающие пружины показали самый низкий процент потери силы 11%, а эластомерные цепочки Dentaaurum — наибольший процент потери силы 47%.

Через 7 дней тенденция сохранилась, эластичные цепочки марки Dentaaurum потеряли исходную силу в кока-коле (51% силы), в подсолнечном масле (55%), а наибольшая потеря силы была в пастеризованном молоке (56%). При этом снизилась и развиваемая эластичной цепочкой сила до 154 г в пастеризованном молоке, а у NiTi закрывающих пружин — до 185 г.

Через 14 дней показатели силы растяжения NiTi закрывающих пружин по сравнению с недельной давностью практически не изменилась (1%), эластомерных цепочек Dentaaurum изменилась в пределах 2—3%. Следовательно, основная потеря силы происходила в течение первых семи дней.

Через 21 день тенденция сохранилась. За три недели максимальная потеря силы была у эластичной цепочки фирмы Dentaaurum (60,5%) в пастеризованном молоке, а минимальная у NiTi закрывающих пружин — (16,2%).

Через 28 дней значение процента потери силы растяжения NiTi закрывающих пружин показали также минимальное падение за неделю на 0,7%, эластомерных цепочек — в среднем на 2%. Кроме того, за месяц показатели силы растяжения NiTi закрывающих пружин дали снижение на 16,9% во всех жидкостных пищевых средах по отношению к исходному уровню. Показатели процента потери силы растяжения эластичной цепочки фирмы Dentaaurum были на 60% в кока-коле, на 62% в подсолнечном масле, на 63% в пастеризованном молоке от исходного значения силы.

Деформационное поведение эластомерных цепочек G&H и стягивающих NiTi пружин в условиях различных температур и времени. Как показано в табл. 3, при повышении температуры от 36,6 °C до 55 °C потеря силы эластичных цепочек G&H больше, чем когда температура снижается до 22 °C.

Таблица 3
Table 3

**Диапазон влияния температуры на изменения силы синтетических эластомерных цепочек фирмы производителя G&H в определенные промежутки времени
(Force decay of elastomeric chains G&H at three different temperatures over 28 days)**

Период времени (Time)	Температура (в град.) Temperature		
	22 °C	36,6 °C	55 °C
	Сила в г (% изменения) Force (g)		
0 час (hour)	440 г (0%)	440 г (0%)	440 г (0%)
1 день (day)	342,2 (↓22,3)	290 (↓34)	246,5 (↓44)
7 дней (day)	301 (↓32)	255 (↓42)	216,7 (↓50,7)
14 дней (day)	280,2 (↓36,3)	237,5 (↓46)	201,8 (↓54,1)
21 день (day)	244,8 (↓44,4)	207,5 (↓52,9)	176,4 (↓60)
28 дней (day)	239,5 (↓45,6)	203 (↓53,9)	172,5 (↓61,8)

При снижении до 22 °C или повышении температуры от 36,6 °C до 55 °C через один день потеря силы синтетических эластомерных цепочек снижается соответственно на 22,3%, 34% и 44%. При этом при температуре 22 °C потеря силы меньше, чем при температуре 36,6 °C и 55 °C в 1,5—2 раза.

Через месяц потеря силы будет продолжать падать (от 45,6% до 61,8%).

Следует отметить тенденцию меньшей потери силы при температуре 22 °C по сравнению с данными при температуре 36,6 °C и 55 °C. Чем выше температура, тем больше потеря силы синтетических эластомерных цепочек.

Во всех трех экспериментах потеря силы NiTi пружин с изменением температуры и времени растяжения в течение месяца имеет обратную тенденцию при 22 °C на 57,5 г, при 36,6 °C — на 33 г, при 55 °C — на 17 г.

Как показано в табл. 4, при повышении температуры от 36,6 °C до 55 °C потеря силы стягивающих NiTi пружин меньше примерно в 3 раза, чем при снижении температуры до 22 °C.

**Диапазон влияния температуры на изменения силы
стягивающих NiTi пружин фирмы SIA в определенные промежутки времени
(Force decay of niti closed coil springs SIA at three different temperatures over 28 days)**

Период времени (Time)	Температура (в град.) Temperature		
	22 °C	36,6 °C	55 °C
	Сила в г (% изменения) Force(g)		
0 час (hour)	195 (0%)	195 г (0%)	195 г (0%)
1 день (day)	147 (↓24,6%)	173,5 (↓11%)	191 (↓2%)
7 дней (days)	143 (↓26,6%)	168,3 (↓13,4%)	185 (↓5%)
14 дней (days)	142 (↓27%)	167 (↓14,3%)	183,7 (↓5,8%)
21 день (days)	139 (↓28,7%)	163,4 (↓16,2%)	180 (↓7,7%)
28 дней (days)	137,5 (↓29,4%)	162 (↓16,9%)	178 (8,7%)

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В клинике ортодонтии часто применяются эластомерные цепочки как важный источник силы для перемещения зубов. Они чувствительны к длительному воздействию воды, а клинические показатели этих материалов в полости рта ухудшаются из-за наличия ферментов ротовой жидкости и температурных изменений.

Нами была проведена оценка потери силы ортодонтических эластомерных цепочек двух производителей (Dentaurum, G&H) в лабораторных условиях, погруженных в различные жидкостные пищевые среды (кока-кола, рафинированное подсолнечное масло, пастеризованное молоко 3,2%), которые были растянуты на приборе на расстояние 30 мм при температуре 36,6 °C и в условиях различных температур (22 °C, 36,6 °C, 55 °C) на основе времени растяжения (от 1 часа до 28 суток).

Через 1 день эластичные цепочки марки Dentaurum потеряли в кока-коле 39% силы, в подсолнечном масле 45,7%, в пастеризованном молоке 47%. При сравнении с воздействием на эластомерные цепочки искусственной слюны и пищевых жидкостей они теряют силу в большей степени в молоке, затем в растительном масле и меньше в кока-коле. Через месяц, соответственно, потеря составляет 60%, 62%, 63%. Следовательно, тенденция потери силы эластомерных цепочек в трех жидкостях (кока-кола, подсолнечное масло, пастеризованное молоко) через 1, 2, 3 и 4 недели имеет одинаковую закономерность снижения силы в исследуемых жидкостях. Пациентам, ежедневно употребляющим молоко в больших количествах, следует менять эластомерные цепочки на ортодонтическом приеме чаще, в связи с их большой потерей силы.

Во время как NiTi пружины в различных жидкостных пищевых средах (искусственная слюна, кока-кола, рафинированное подсолнечное масло, пастеризованное молоко 3,2%) при температуре 36,6 °C ведут себя одинаково ($P < 0,05$), ортодонтические стягивающие NiTi пружины теряют силу при их растяжении со временем независимо от жидкостной среды. Результаты этого исследования по-

казали, что NiTi закрывающие пружины были более стойкими к деградации силы, чем эластомерные цепочки. У NiTi закрывающих пружин деградация силы была ниже через день (11%), а через месяц (16,9%) она была относительно постоянной в течение до 28 дней эксперимента.

При воздействии различных температур на эластичные цепочки следует отметить тенденцию меньшей потери силы при температуре 22° по сравнению с данными при температуре 36,6 °С и 55 °С. Чем выше температура, тем больше потеря силы синтетических эластомерных цепочек.

От 36,6 °С до 55 °С сила синтетических эластомерных цепочек снижается почти на 15%, а при снижении температуры от 36,6 °С до 22 °С разница потери силы цепочек снижается в среднем на 18%. Таким образом, при повышении температуры полости рта в результате приема горячих пищевых продуктов и жидкостей сила синтетических эластомерных цепочек будет снижаться в большей степени. Деформационное поведение эластомерных цепочек зависит и ухудшается со временем и изменением температуры. При повышении температуры и периода времени деформация и потеря силы эластомерных цепочек увеличивается.

В то же время во всех трех экспериментах с NiTi стягивающими пружинами с изменением температуры и времени растяжения потеря силы в течение месяца при 22 °С на 57,5 г, при 36,6 °С — на 33 г, при 55 °С — на 17 г, то есть больше при снижении температуры.

При повышении температуры от 36,6 °С до 55 °С потеря силы стягивающих NiTi пружин меньше примерно в 3 раза, чем при снижении температуры до 22 °С. Таким образом, при сравнении с температурой 36,6 °С при снижении температуры до 22 °С потеря силы NiTi пружин за месяц происходит более интенсивно (в 3,4 раза), чем при повышении температуры до 55 °С, что подтверждает ухудшение их стягивающих свойств при употреблении холодных продуктов.

NiTi закрывающие пружины показали, что имеют лучшие свойства и лучшее действие для получения более эффективного и менее травматичного движения зуба по сравнению с эластомерными цепочками, однако при снижении температуры потеря силы NiTi стягивающей пружины гораздо больше, чем при повышении температуры полости рта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ортодонтические приспособления для закрытия промежутка после удаления зуба показали потерю силы от наложения до 28 дней. Потеря силы NiTi закрывающих пружин была самой низкой. В первый день потеря силы эластомерных цепочек была значительной, достигая уровня почти 39 до 47%, в то время как NiTi закрывающие пружины потеряли силу лишь на 11%. Через 28 дней среднее снижение силы было 16,9% у NiTi закрывающих пружин и 63% в молоке у эластомерных цепочек. NiTi пружины не имеют проблемы быстрой потери силы и создают легкие непрерывные силы в течение длительного диапазона активации. Эластомеры ухудшают свои свойства при повышении температуры, а NiTi стягивающие пружины больше теряют силу при сниженной температуре.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Andreasen G.F., Bishara S.* (1970) Comparison of Alastik chains with elastics involved with intra-arch molar-to-molar forces. *American Journal of Orthodontics* 40:151—158.
2. *Fraunhofer J.A., von, Coffelt M.T.P., Orbell G.M.* (1992) The effects of artificial saliva and topical fluoride treatments on the degradation of the elastic properties of orthodontic chains. *Angle Orthodontist* 62: 265—274.
3. *Baty D.L., Volz J.E., von Fraunhofer J.A.* (1994) Force delivery properties of colored elastomeric modules. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 106: 40—46.
4. *De Genova D.C., McInnes-Ledoux P., Weinberg R., Shaye R.* (1985) Force degradation of orthodontic elastomeric chains —A product comparison study. *American Journal of Orthodontics* 87: 377—384.
5. *Ash J.L., Nikolai R.J.* (1978) Relaxation of orthodontic elastomeric chains and modules *in vitro* and *in vivo*. *Journal of Dental Research* 57: 685—690.
6. *Han S., Quick D.C.* (1993) Nickel-titanium spring properties in a simulated oral environment. *Angle Orthodontist* 63: 67—72.

DOI: 10.22363/2313-0245-2017-21-3-339-346

THE EFFECT OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON ELASTOMERIC CHAINS AND NICKEL TITANIUM COIL SPRINGS

A. Shaddud, T. Kosyreva

Peoples' Friendship University of Russia Moscow

Abstract. It is well known that elastomers exhibit viscoelasticity and as such have their mechanical properties modified by temperature. Nickel titanium archwires are also affected by temperature and have been modified with specific temperature related properties for clinical use. What is less well known is the effect that other environmental factors, such as food, might have on the force delivery properties of both elastomeric materials and nickel titanium coil springs used for space closure. The aim of this work was to determine the effect three common environmental factors coca cola, refined sunflower oil, and pasteurized milk have on elastomeric chain and nickel titanium coil springs. In addition, it was decided to re-examine the effect of temperature at 22 °C, 36,6 °C, and 55 °C on both these space closing materials. Degradation force measurements were made at the following intervals: 0, 1, 7, 14, 21, and 28 days.

The results indicated that elastomeric chains were affected by all the test food liquids while nickel titanium springs were more affected by low temperature.

Key words: Nickel titanium, Closed coil springs, Degradation force, Elastomeric chains

Shaddud Aiman, Postgraduate student of the Department of pediatric dentistry and orthodontics Medical Institute Peoples' Friendship University of Russia Moscow, 117198, Russia, 10/2 Miklukho-Maklaya Tel:964-560-56-18. *E-mail:* Aimanshaddoud@yahoo.com.

REFERENCES

1. *Andreasen G. F., Bishara S.* 1970 Comparison of Alastik chains with elastics involved with intra-arch molar-to-molar forces. *American Journal of Orthodontics* 40:151—158.
2. *Fraunhofer J. A., von, Coffelt M. T. P., Orbell G. M.* 1992 The effects of artificial saliva and topical fluoride treatments on the degradation of the elastic properties of orthodontic chains. *Angle Orthodontist* 62: 265—274.

3. Baty D. L., Volz J. E., von Fraunhofer J. A. 1994 Force delivery properties of colored elastomeric modules. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 106: 40—46.
4. De Genova D. C., McInnes-Ledoux P., Weinberg R., Shaye R. 1985 Force degradation of orthodontic elastomeric chains —A product comparison study. *American Journal of Orthodontics* 87: 377—384.
5. Ash J. L., Nikolai R. J. 1978 Relaxation of orthodontic elastomeric chains and modules *in vitro* and *in vivo*. *Journal of Dental Research* 57: 685—690.
6. Han S., Quick D. C. 1993 Nickel-titanium spring properties in a simulated oral environment. *Angle Orthodontist* 63: 67—72.

© Шаддуд А.Н., Косырева Т.Ф., 2017