

FACSETE

ANA CAROLINA HAWTHORNE

DEGRADAÇÃO DAS FORÇAS DOS ELASTÔMEROS ORTODÔNTICOS

SÃO JOSÉ DO RIO PRETO

2017

ANA CAROLINA HAWTHORNE

DEGRADAÇÃO DAS FORÇAS DOS ELASTÔMEROS ORTODÔNTICOS

Monografia apresentada ao curso de
Especialização Latu Sensu da FACSETE
como requisito parcial para conclusão do
Curso em Ortodontia

Área de concentração: Ortodontia

Orientador: José Arnaldo Sousa Pires

SÃO JOSÉ DO RIO PRETO

2017

Hawthorne, Ana Carolina
Degradação das forças dos elastômeros ortodônticos / Ana
Carolina Hawthorne , 2017
54f.

Orientador: José Arnaldo Sousa Pires
Monografia (especialização) – Faculdade de Tecnologia de
Sete Lagoas, 2015

1. Degradação das forças dos elastômeros ortodônticos
I. Título II. José Arnaldo de Souza Pires

FACSETE

Monografia intitulada “***Degradação das forças dos elastômeros ortodônticos***” de autoria da aluna Ana Carolina Hawthorne, aprovada pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

Prof. Me José Arnaldo Sousa Pires
FACSETE – Orientador

Profa. Esp. Luciana Bernardes Velludo Pires
FACSETE

Prof. Me. Máira Ferreira Bóbbo
FACSETE

DEDICATÓRIA

A meus pais Celso e Sonia, por exemplo, de amor, força de trabalho, dedicação apoio e incentivo durante toda a minha vida.

A meu irmão Junior, que sempre me incentivou e apoiou nessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que sempre esteve presente nesta caminhada, dando-me força e sabedoria, ajudando-me a conquistar todas as coisas que almejo. É através Dele que consegui conquistar mais uma etapa em minha vida.

Ao meu Orientador Prof. José Arnaldo por toda sua dedicação, sabedoria, competência e amizade.

A toda equipe do Coe, por toda paciência e disponibilidade.

Aos meus queridos pacientes, por permitir ampliar meus conhecimentos e aprendizados.

A todos os professores do curso (Renata, Junia, Ana Paula e Leandro), pela amizade, disposição, sabedoria e aprendizado.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi de realizar uma revisão de literatura sobre a degradação de forças dos elastômeros ortodônticos com tamanhos e forças diferentes, sendo utilizados na simplificação da fixação dos arcos aos bráquetes substituindo às ligaduras metálicas na retração de dentes, no fechamento de espaços, auxiliares em aparelhos extrabucais e em alguns tipos de mecânicas ortodônticas. As movimentações variam de paciente para paciente e do propósito ortodôntico, sendo a força produzida pelo elástico diretamente proporcional ao deslocamento. Quando se produz um deslocamento significativo há uma redução da magnitude da força, porque a estrutura é modificada. Esses elásticos apresentam alterações de difícil controle e monitoramento, nas forças desejadas para obtenção da movimentação dentária nos primeiros minutos de uso, em função da temperatura da boca, pH da saliva, microbiota oral e movimentação durante a fala.

Palavras-chaves: Elastômeros. Degradação. Ortodontia

ABSTRACT

The objective of this study was to perform a literature review on the degradation of forces of orthodontic elastomers with different sizes and forces, being used in the simplification of the fixation of the arches to the brackets replacing the metal ligatures in the retraction of teeth, in the closure of auxiliary spaces in extraoral appliances and in some types of orthodontic mechanics.

The movements vary from patient to patient and orthodontic purpose, being the force produced by the elastic directly proportional to the displacement. When a significant displacement occurs, there is a reduction in the force magnitude because the structure is modified.

These elastics present changes of difficult control and monitoring, in the desired forces to obtain dental movement in the first minutes of use, depending on mouth temperature, saliva pH, oral microbiota and movement during speech.

Keywords: Elastomers. Degradation. Orthodontics

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
PROPOSIÇÃO	13
REVISÃO DE LITERATURA	14
DISCUSSÃO	25
CONCLUSÃO.....	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

INTRODUÇÃO

Na Ortodontia, como em todos os outros ramos da ciência, as técnicas ortodônticas vêm recebendo melhorias desde os preceitos preconizados por Angle (1907) e se aperfeiçoando com a introdução de dispositivos que possibilitem uma melhor condução do tratamento e obtenção de um resultado cada vez mais satisfatório.

Muitas vezes, o tratamento requer alterações na posição das bases ósseas, o que por diversos motivos nem sempre se consegue, tornando-se necessário mascarar esta discrepância através de compensação dentolaveolar, a qual requer movimentações dentárias através de forças mecânicas com propósito de movê-los a posição ideal. Por este motivo é importante definirmos os dispositivos mecânicos e acessórios que poderão ser empregados para se obter sucesso no tratamento ortodôntico (BATY *et al.*, 1994; CABRERA *et al.*, 2003).

Entre os vários dispositivos que têm despertados os interesses de diversos pesquisadores, encontramos os elásticos ortodônticos, uma vez que são largamente utilizados na ortodontia, devido seu baixo custo e grande versatilidade (CABRERA *et al.*, 2003).

Os primeiros relatos do uso dos elásticos na prática ortodôntica datam do final do século XIX e tem sido ampliado com a melhora de suas propriedades.

De acordo com Baty *et al.* (1994), elastômero é o termo geral que abrange materiais que, após substancial deformação, rapidamente retornam à sua dimensão original, assim encontramos disponíveis no mercado dois tipos de elastômeros: os sintéticos e os de borrachas.

Os elásticos sintéticos ou elastoméricos, também chamados de plásticos, começaram a ser produzidos a partir de 1920 e sua utilização na Ortodontia difundiu-se em 1960. São obtidos por meio de transformações químicas do carvão, petróleo e alguns álcoois vegetais. Os elastômeros mais utilizados em Ortodontia

são os elásticos em cadeia e as ligaduras elásticas. As principais aplicações clínicas incluem: fixar o arco ortodôntico aos braquetes, substituir os fios de amarrilhos metálicos, fechar espaços em geral, retrair caninos, promover tracionamentos, corrigir giro versões e desvios de linha média. São práticos e eficientes, de rápida colocação e remoção, estão disponíveis em grande variedade de cores, diâmetros e são confortáveis ao paciente, por outro lado, são menos resistentes a deformação, mais friáveis, mais sensíveis à temperatura e umidade (WONG *et al.*, 1976; KOCHENBORGER *retal.*, 2011).

Os elásticos de borracha ou látex, provavelmente utilizado pelas antigas civilizações Incas e Maias, foi o primeiro elastômero relatado, teve seu uso limitado em razão do comportamento desfavorável em relação à temperatura e da propriedade de absorção de água. Com o advento da vulcanização (processo em que a borracha natural se torna elástica, resistente e insolúvel, e que se baseia na introdução de átomos de enxofre na cadeia do polímero natural) por Charles Goodyear em 1939, o uso de elásticos de látex teve grande impulso. Os primeiros a advogarem o uso de elásticos de látex na ortodontia foram Baker, Case em 1893 e Angle em 1992 (WONG *et al.*, 1976). Atualmente, são muito utilizados como auxiliares em aparelhos extrabucais occipitais ou parietais, máscaras faciais, além de aplicação como elásticos intermaxilares para correção da relação sagital, transversal e vertical, da linha média e da intercuspidação (LORIATO, MACHADO, PACHECO, 2006; GOMES, 2010).

Os elastômeros possuem propriedades excelentes, dentre as quais pode-se destacar a capacidade de se distender e retrair rapidamente, a alta resistência e o alto módulo de elasticidade, quando distendidos, e a recuperação total da tensão sofrida (BILLMEYER, 1984). Como vantagens da utilização dos elásticos temos que estes são colocados e retirados pelo paciente, são descartáveis, não necessitam de ativação pelo ortodontista, o efeito é potencializado pelas funções de mastigação e fonação e são versáteis. No caso dos elásticos em cadeia são dispositivos fáceis de usar, econômicos, relativamente higiênicos e são confortáveis para o paciente (FRAUNHOFER, 1992).

Porém, os elastômeros não são elásticos ideais e são afetados pela duração da força a eles aplicada e pelo meio ambiente a que são submetidos (YONG e SANDRIK, 1979). Já em relação ao percentual de degradação da força gerada quando esses materiais são distendidos e mantidos em torno dos braquetes por um

certo tempo, estudos mostram que esse percentual é alto principalmente nas primeiras 24h, diminuindo mais lentamente após esse período (WARE, 1971; WONG, 1976). Outras desvantagens, apresentam necessidade de colaboração do paciente, acumulam mais placa bacteriana em relação às ligaduras metálicas e podem produzir ulcerações. Entretanto, o uso de elásticos não deve ser dispensado devido aos seus efeitos indesejados (MARAFON e SOARES, 2009; WHITE, 2010). Já os elásticos em cadeia, além de sofrerem degradação no decorrer do tempo, no meio bucal, a água e a saliva absorvidas pelas cadeias elásticas levam à quebra de suas ligações internas, degradando a força. Quando a força cai, a efetividade da mecânica de fechamento dos espaços diminui. O grau e o índice de degradação das forças dependem de uma série de fatores, incluindo a qualidade dos materiais usados pelos fabricantes, as cores adicionadas, a configuração do elástico (aberto, médio, fechado), o pré-estiramento antes de usar, o pH do meio bucal e as formas de esterilização e armazenamento dos materiais (FRAUNHOFER, 1992).

Genova *et al.* (1985) constataram que os elásticos ortodônticos não podem ser considerados materiais elásticos ideais, pois são sensíveis à exposição prolongada à água, às enzimas e também às variações de temperatura; além de sofrerem significativa degradação na quantidade de força liberada ao longo do tempo de utilização.

Portanto, o conhecimento sobre as alterações nas propriedades mecânicas das ligaduras elásticas quando estiradas é de grande interesse para o emprego desses materiais, uma vez que poderão permanecer por um tempo relativamente longo na boca dos pacientes, sendo extremamente desejável que, durante esse intervalo, continuem exercendo uma força adequada clinicamente.

Com tudo isso, o profissional sente dificuldades na determinação da força adequada a ser transmitida ao dente e o seu tempo de dissipação da força útil. Vários trabalhos clássicos são reportados pela literatura ortodôntica com o propósito de precisar a quantidade ideal de forças para movimentar um elemento dentário, com respostas quantitativas e qualitativas, definindo a força ortodôntica ótima como sendo qualquer movimento dado ao dente, sem dor ou reabsorção de raiz e mantendo a saúde dos ligamentos periodontais em toda parte do movimento.

PROPOSIÇÃO

Este estudo tem como objetivo realizar uma revisão de literatura sobre os parâmetros a serem considerados nas forças elásticas e relatar as vantagens e inconvenientes dos elastômeros ortodônticos e os cuidados indicados para a sua utilização, auxiliando os profissionais a alcançarem resultados melhores e mais eficazes em seus tratamentos.

REVISÃO DE LITERATURA

Um dos primeiros estudos sobre os elásticos foi realizado por Bertran (1931). Nesta pesquisa, o autor relatou que, quando os elásticos utilizados para produzir forças intermaxilares são submetidos a uma distensão correspondente às distâncias de 20 a 40 milímetros, produzem forças de 60 a 300 gramas. No decorrer do dia, com a repetição dos movimentos bucais funcionais, aproximadamente um terço das propriedades elásticas são perdidas e, por esta razão, recomendou-se a troca diária dos elásticos, com o intuito de manter aplicadas aos dentes forças semelhantes às iniciais. Salientou também que a distância entre os pontos de aplicação da força e o "tamanho" dos elásticos é de fundamental importância quando se pretende aplicar uma força considerada ideal.

A utilização de borrachas naturais para certas finalidades ainda era limitada, em grande parte, devido ao fato destas se deteriorarem consideravelmente na presença de oxigênio. Os cientistas então se concentraram em produzir uma borracha sintética semelhante e com propriedades físicas melhores que a borracha natural. No mesmo momento, o mercado exigia tal desenvolvimento devido à escassez da borracha natural em decorrência da primeira guerra mundial. Felizmente, agentes químicos foram desenvolvidos para inibir algumas reações indesejáveis como os antioxidantes e os anti-ozonizantes (MILES e BRISTON, 1965).

Quimicamente, os elastômeros são considerados polímeros. A origem grega da palavra explica sua estrutura, onde "poli" significa muitas e "meros", partes. São substâncias compostas por várias moléculas que se repetem formando uma cadeia à parte das unidades fundamentais, que são denominadas monômeros (MILES e BRISTON, 1965).

A força produzida por elásticos utilizados no tratamento ortodôntico sobre um ou mais dentes, segundo Salzmann (1966), depende de fundamentalmente do tipo de material usado na fabricação desses elementos, do ponto de aplicação da força,

da distribuição e direção desta, do diâmetro e contorno da raiz do dente no qual a força é aplicada, das características anatômicas do processo alveolar, da quantidade de rotação dentária presente, da saúde, idade e cooperação do paciente, no sentido do uso correto dos elásticos, conforme as instruções do profissional. Afirmou ainda que os elásticos de dimensões semelhantes podem não apresentar concordância na quantidade de força exercida, além de se modificarem com o tempo a que são expostos a agentes oxidantes, à luz e à ação complexa do meio bucal.

Um importante estudo comparando *in vitro* a diminuição da força dos elásticos sintéticos e de látex foi realizado por Andreasen, Bishara (1970). Os autores observaram uma deformação permanente de aproximadamente 50% do seu comprimento original, após 24 horas, nas cadeias de elásticos sintéticos, enquanto os elásticos de látex sofreram apenas 23% de deformação, no mesmo intervalo de tempo. Demonstraram ainda que, enquanto os primeiros perderam 74,21% de sua força inicial em 24 horas, os elásticos de látex perderam apenas 41,6%. Porém, decorridas as primeiras 24 horas, o declínio de força apresentado pelos dois materiais foi relativamente idêntico. Por isso, como conclusão de seu trabalho, recomendaram o uso de uma força 4 vezes maior que a necessária na movimentação de um dente, quando do uso de cadeias elásticas sintéticas, devido à sua perda de força nas primeiras 24 horas. Entretanto, apesar dessa grande perda de força inicial, as cadeias elásticas sintéticas apresentam uma força remanescente aproximadamente constante nas três semanas seguintes, comparando-as aos elásticos de látex, quando tracionados na mesma distância.

Bishara, Andreasen (1970) estudaram comparativamente os elásticos plásticos e os de látex, utilizados nas mecânicas para a correção dentária de Classe II e Classe III, durante um período de três semanas, e novamente observaram uma rápida perda de força nas primeiras 24 horas, tendendo a se estabilizar nas próximas três semanas. Recomendaram, assim, que os elásticos sintéticos não fossem trocados diariamente, a fim de se tirar vantagem da força remanescente constante em períodos mais longos de tempo. Outra vantagem na utilização dos elásticos sintéticos, segundo os autores, é que o desconforto inicial desaparece em poucas horas de uso dos mesmos.

Hershey e Reynolds (1975) utilizaram um simulador para movimento dentário a fim de comparar elásticos em cadeia de 3 marcas comerciais. Os resultados mostraram não haver alteração significativa na diminuição de força das cadeias

elásticas, mas houve diferença substancial nas suas forças iniciais. Os autores concluíram que um dinamômetro deve ser usado clinicamente para determinar as forças iniciais aplicadas pelos elásticos. Eles observaram ainda uma perda de força de 50% após o primeiro dia, restando 40% da força inicial após 4 semanas. Entretanto, com movimentos dentários simulados de 0,25 mm e 0,50 mm por semana, a quantidade de força restante após quatro semanas diminuiu entre 25 e 33%, respectivamente.

Wong (1976) testou elásticos em cadeia produzidos pela Ormco e pela Unitek, esticados em água a 37°C. Estes elásticos foram mantidos estirados a 21 mm, por tempos que variaram de 1, 7 e 21 dias e foram medidas as forças nestes intervalos de tempos, além da forma inicial, resultando uma degradação significativa no primeiro dia (50% e 73%, respectivamente) e uma queda nos valores das forças liberadas de maneira mais lenta até o vigésimo primeiro dia do experimento.

Segundo Brantley *et al.* (1979) e Young, Sandrik (1979), a prática de distender as cadeias elastoméricas imediatamente antes de sua utilização resulta num valor de força remanescente superior ao apresentado por cadeias elastoméricas não pré-distendidas. Desde Kovatch *et al.* (1976) já se aconselhava que os módulos elásticos fossem distendidos gradativamente durante sua colocação, evitando assim reações elásticas indesejáveis.

Régio (1979) realizou uma pesquisa científica para estudar as propriedades mecânicas (limite de elasticidade e de ruptura) de elásticos para fins ortodônticos em três condições experimentais: na condição original como recebida pelo fornecedor, na condição simulada de uso bucal e envelhecidos artificial e aceleradamente. Os elásticos foram divididos de acordo com seu diâmetro e força, ou seja, 3/16 polegadas de forças leve e pesada e 5/16 polegadas de forças leve e pesada. Como conclusão, observou-se que os elásticos com diâmetro menor (3/16 polegadas) apresentaram deformações menores em comparação com os de diâmetro maior e que o meio bucal simulado e o envelhecimento artificial acelerado tenderam a diminuir os limites de elasticidade e de ruptura dos elásticos utilizados, tornando-se isto mais evidente para os elásticos de "força pesada".

De Genova *et al.* (1985) investigaram a degradação de forças dos elásticos em cadeia de três marcas comerciais, mantidos em um comprimento constante em saliva artificial. Na primeira avaliação, um grupo foi mantido a 37°C e o outro foi submetido à termociclagem com temperaturas que variavam entre 15°C e 45°C. Os

autores relataram que as cadeias que sofreram termociclagem exibiram perda de força significativamente menos após três semanas, resultado este que foi o contrário do esperado. Na segunda avaliação, compararam o grau de degradação de força das cadeias elásticas termocicladas mantidas em comprimento constante com as sujeitas à simulação do movimento dentário de 0,25 mm por semana. Os elásticos em cadeia sujeitos ao movimento dentário perderam de 9 a 13% a mais de força do que as mantidas em comprimento constante. O percentual de degradação de força encontrado variou de 50 a 75%.

Hugetet *al.*(1990)relataram que polímeros elastoméricos possuem uma estrutura molecular relativamente frágil e sua função em manter o estiramento e a elasticidade do polímero sintético pode ser ainda mais enfraquecida pela ação de elementos presentes no meio bucal. Os resultados do trabalho sugerem que a exposição do elastômero em água leva a um enfraquecimento das forças intermoleculares e, conseqüentemente, a uma degradação química. Especificamente, a redução da liberação de força dos elásticos de um a sete dias em ambiente aquoso pode ser o resultado de absorção de água e da deformação de ligações com correntes de hidrogênio entre as moléculas de água e os polímeros. Por meio de alguns experimentos, os autores procuraram definir os mecanismos que contribuem para a degradação das forças. As cadeias elásticas foram submersas em água a uma temperatura de 37°C por períodos de 7, 14, 42 e 70 dias, distendidas em 50, 100 e 200% de seu comprimento original, com 90 segundos de intervalo antes de serem submetidas a um segundo estiramento. Um teste cromatográfico foi realizado em água para estabelecer a presença de material orgânico liberado pelas correntes. A matéria orgânica só apareceu a partir do 14º dia. A partir destes dados, os autores concluíram que o decréscimo da força associado às cadeias elásticas por sete dias de submersão em água pode ser o resultado da absorção de água, além da formação de ligações de hidrogênio entre as moléculas de água e as moléculas dos elastômeros.

Com a intenção de motivar visualmente os pacientes, na tentativa de se obter maior colaboração por parte dos mesmos, as indústrias introduziram diversas cores nas cadeias elastoméricas. Assim, Almeida (1993) estudou *in vitro* a influência da pigmentação sobre o comportamento de 11 cadeias elastoméricas brasileiras, nas cores encontradas no mercado, em função do tempo de distensão. As amostras foram constituídas de 10 módulos, de quatro anéis para cada cor. Os módulos foram

distendidos a uma distância constante de 25 milímetros e as leituras de força de tração foram efetuadas com o auxílio de um dinamômetro em 10 intervalos de tempo, que variaram de 1 hora a quatro semanas. Os resultados demonstraram que a pigmentação adicionada às cadeias elastoméricas interferiu significativamente no desempenho da força de tração após a distensão, sendo que o elastômero de cor cinza foi o que apresentou a maior porcentagem de força remanescente ao final de semanas (76,69%).

Provavelmente, o primeiro material elásticos conhecido foi a borracha natural utilizada por civilizações Maias e Incas. A matéria-prima destas borrachas naturais era obtida da árvore *Hevea brasiliensis* que pode ser encontrada na Amazônia. Porém, o uso destas borrachas era limitado devido às suas propriedades físicas de absorção de água e instabilidade térmica. Com o advento da vulcanização, preconizado por Charles Goodyear em 1839, as propriedades físicas das borrachas foram melhoradas, fazendo com que a utilização deste material aumentasse consideravelmente (LU *et al.*, 1993).

Kapila (1994) ressaltou que estudos que analisam quais são os níveis de força aplicada realmente transmitidos aos tecidos e células do ligamento periodontal, e aqueles que avaliam as forças ideais requeridas para causar respostas biológicas teciduais são muito importantes. Eles proporcionam bases científicas mais estruturadas para a prática ortodôntica. Com tais informações, é possível, por exemplo, determinar quando um nível inicial de forças de um elástico em cadeia excede o necessário para causar o movimento dentário, e como, devido à rápida degradação de forças ocorrida, rapidamente cai abaixo do nível de força ideal para o movimento dentário. Este conhecimento pode levar ao desenvolvimento de novos materiais e ao emprego de novas técnicas que permitam um movimento dentário eficiente e efetivo no intervalo entre as consultas.

O termo elastômero se refere a materiais que retornam a sua configuração inicial após sofrerem consideráveis deformações (BATY *et al.*, 1994).

De acordo com Baty *et al.* (1994), os primeiros ortodontistas que defenderam a utilização de elásticos de borracha natural na prática ortodôntica foram Angle, Case e Baker.

Os elásticos sintéticos são produzidos a partir de materiais poliuretanos derivados do petróleo, cuja composição exata é segredo do fabricante. A composição interna destes materiais é determinada pelo nível de tecnologia

empregada na manufatura do material (MORTON, 1995). Os elastômeros poliuretanos mais utilizados em Ortodontia são os elásticos em cadeia e as ligaduras elásticas.

Os polímeros são compostos por ligações primárias e secundárias com fraca atração molecular. Inicialmente, o polímero apresenta um padrão espiral e quando este se deforma, devido à aplicação de uma força, as cadeias poliméricas se ordenam em uma estrutura linear com ligações cruzadas em alguns pontos ao longo das mesmas. A modificação do padrão espiral para linear ocorre devido às fracas ligações secundárias, enquanto a recuperação de sua estrutura inicial se deve às custas das ligações cruzadas. A deformação permanente só ocorre quando o polímero é distendido acima de seu limite elástico, promovendo a quebra das ligações cruzadas. O elastômero ideal seria aquele que após ser distendido abaixo do seu limite elástico retornaria à sua exata configuração inicial. Porém, sabe-se que esta situação é utópica, pois algumas cadeias poliméricas distendidas deslizam de modo irreversível umas sobre as outras e obtem-se um novo arranjo espacial (MATTA e CHEVITARESE, 1997).

Josell, Leiss e Rekow (1997) avaliaram elásticos em cadeia das marcas American Orthodontics, Dentaurem, GAC, Ormco, Rocky Mountain e TP Orthodontics. Os elásticos foram estirados a uma distância determinada e mantidos em solução de saliva artificial em temperatura ambiente. As forças foram medidas em vários intervalos de tempo, desde o inicial até 28 dias. Verificaram que a maior queda na intensidade das forças liberadas ocorreu na primeira hora e que os níveis de liberação das forças após 28 dias variaram de 85% a 30% do valor liberado inicialmente, dependendo do grupo testado. Mas todos os elásticos mantiveram, ao final do estudo, valores de força maiores que 100 gramas.

Taloumiset *al.* (1997) avaliaram ligaduras elásticas das marcas A Company, American Orthodontics, GAC International, Ormco, Rocky Mountain Orthodontics, TP Orthodontics e Unitek. Constataram uma diminuição nos valores das forças liberadas com o decorrer do tempo, sendo que o percentual de degradação variou de 55% a 68% nas primeiras 24h de ativação e continuou apresentando uma queda em seus valores até o 28º dia, só que de forma gradativa.

Matta e Chevitaese (1998), em um estudo realizado para avaliar a deformação plástica sofrida por sete tipos de elásticos em cadeia que permaneceram com 100% de estiramento durante 3 semanas mantidos imersos em

saliva artificial com pH 4,9 ou 7,2, os elásticos do tipo American Memory apresentaram menor deformação permanente, com uma média de 54%, enquanto a maior foi verificada pelos elásticos Unitel cristal, sofrendo deformação média de 76% dos seus comprimentos iniciais. A influência dos níveis distintos de pH salivar na deformação plástica sofrida pelos elásticos também foi avaliada; no entanto, não foram verificadas diferenças estatisticamente significativas com relação à influência do pH da saliva na deformação plástica sofrida pelos elásticos.

Testes experimentais realizados em temperatura ambiente e em local seco obviamente não representam as condições do meio bucal, onde as cadeias elastoméricas terão que atuar. Nattrazzet *et al.* (1998) investigaram o comportamento dos elásticos em cadeia e molas de níquel-titânio em três meios líquidos diferentes, e com variações na temperatura. Um grupo-controle foi mantido em ambiente seco e a uma temperatura constante de 22°C. Os elásticos em cadeia foram afetados em todos os ambientes, sofrendo degradação da força. Quando há um aumento da temperatura, o relaxamento se torna mais pronunciado. As variações na temperatura da cavidade oral devido ao consumo de alimentos e bebidas diferentes certamente são maiores do que as simuladas neste estudo, sugerindo que, no caso das cadeias elásticas, a temperatura parece ser mais importante do que o tipo de alimento a ser consumido.

Cabrera *et al.* (2003) avaliaram e mediram a força de diversos elásticos utilizados em Ortodontia, com o intuito de estabelecer a magnitude de força liberada por cada tipo de elástico. Após a análise dos resultados, concluiu-se que os elásticos sofrem uma variação de força entre os diversos diâmetros, espessuras e sobretudo marcas e que os resultados obtidos servem apenas como referência. Portanto, para uma força adequada, o uso do dinamômetro de precisão é fundamental.

Henriques, Hayasaki e Henriques (2003) reportaram que os elásticos exercem quantidades de força determinada desde que distendidos no máximo, três vezes o seu tamanho. Assim, torna-se importante medir a distância entre os pontos de fixação do elástico para seleção daquele que for mais adequado em cada situação clínica. Salientaram ainda que há grande variação de força entre diversos diâmetros, espessuras e marcas comerciais, sendo indicada a utilização de um dinamômetro de precisão para a aplicação da força desprendida em cada caso.

Ferreira Neto e Caetano (2004) examinaram in vitro a degradação da força de três grupos de segmentos elásticos de diferentes tamanhos, durante um período de quatro semanas. Para tanto, compararam a degradação de força de três grupos de elásticos em cadeia, de tamanhos diferentes (três elos, cinco elos e sete elos), quando distendidos para liberar uma força inicial próxima a 200gf, durante um período de quatro semanas. Ao final, as cadeias testadas apresentaram entre 31% e 39,7% da força inicial. Em quatro horas, 24 horas e uma semana, os segmentos de 3 elos apresentaram as maiores taxas de degradação, indicando sua utilização em consultas mais próximas para reativações. Verificaram que ao final de quatro semanas, os segmentos de sete elos apresentaram o menor percentual de degradação da força inicial, indicando que estes deveriam ser usados para intervalos maiores entre as ativações.

Martins (2006) ao avaliar métodos de desinfecção e esterilização com Anti-G Plus e Cidex, comparados a um grupo-controle, elásticos em cadeia de três marcas comerciais, em dois tipos de configuração (média e fechada) apresentaram diferença significativa da redução da liberação de força. Este fato pode ser explicado pela absorção de líquidos, que irá diminuir a liberação de força pelos elásticos. Apesar desta diferença, os níveis de força gerados ao final dos procedimentos de desinfecção e esterilização não apresentaram valores numericamente expressivos, o que não contraindica adotar tais medidas.

Loriato, Machado e Pacheco (2006) reportaram que os elásticos ortodônticos apresentam algumas limitações que não impedem a sua aplicação clínica, mas que devem ser conhecidas. Os elásticos sintéticos usados como ligaduras elásticas apresentam problemas para a higienização bucal, pois o acúmulo de placa ao redor do bráquete é maior do que com as ligaduras metálicas. Além disso, devido à pigmentação e alteração de cor que os elastômeros sofrem no meio bucal, muitos fabricantes acrescentam cores para mascaramento desse efeito, especialmente pigmentos metálicos. Entretanto, isso reduz a força e a elasticidade do material. Salientaram ainda que, a variação de cores dos elásticos comercializados é também um incentivo durante o tratamento, especialmente para pacientes mais jovens. Os elásticos usados na retração de caninos apresentam grande vantagem pela facilidade de manipulação do operador, conforto ao paciente e por apresentarem baixo custo. Entretanto, quando comparados à retração de dentes com molas de NiTi (níquel-titânio), mostram-se inferiores em alguns aspectos.

Martins *et al.* (2006) relataram como vantagens das ligaduras elásticas a propriedade de memória elástica, fácil colocação, confortáveis para o paciente, possuem biocompatibilidade, fácil higienização, disponíveis em várias cores, possuem baixo custo, menor tempo de cadeira para o paciente contribuindo assim para a motivação do mesmo com o tratamento ortodôntico. Contudo, mencionaram como desvantagens como a incapacidade de liberar graus de forças constantes por longo período de tempo sofrendo alterações em suas propriedades físicas causadas pela absorção de água, saliva ou outros fluídos, pela presença de oxigênio, ozônio, enzimas ou outros produtos oxidantes, pela ação do calor, luz, radiação ultravioleta, além do ataque microbiológico e do próprio envelhecimento natural do material.

Abrão, Mendes e Artese (2007) examinaram a intensidade das forças liberadas por ligaduras elásticas de cinco cores quando imersas em solução de saliva artificial. As amostras foram testadas por meio de uma máquina de ensaios de tração, nos períodos de tempo inicial, 1, 7, 14, 21 e 28 dias de imersão em saliva artificial. Encontraram uma diminuição acentuada e com significância estatística nas forças liberadas para as primeiras 24 horas, sendo que entre os demais períodos (7, 14, 21, 28 dias) ocorreu uma queda gradativa não significativa desses valores. Entretanto, não houve diferença significativa para as magnitudes de forças liberadas pelas ligaduras elásticas modulares em relação às diferentes cores analisadas. Concluíram que houve queda de magnitude de forças elásticas nas primeiras 24 horas de imersão em solução de saliva artificial, contudo não observaram diferenças significantes entre as cores.

Alexandre *et al.* (2008) investigaram a perda de força (elasticidade) dos elásticos e cadeias elastoméricas de duas marcas comerciais. A amostra do estudo foi composta de 48 pacientes leucodermas, 27 do gênero feminino e 21 do gênero masculino, com idade média de 18 anos, com boa saúde oral e bom padrão de higienização. Após a seleção, a amostra foi dividida em quatro grupos (dois com extrações e dois sem extrações dentais). Verificaram que a degradação da força dos elásticos pode chegar a 20% para a marca nacional e 25% para a marca importada, indicando uma substituição diária dos elásticos. Em relação as cadeias elastoméricas, no final de 30 dias, a força residual girou em torno de 29% para a marca nacional e 39% para a marca importada, o que foi considerado biologicamente coerente, uma vez que que dispositivos fixos devem possuir forças de natureza dissipantes em condições ideais.

Souza *et al.* (2008) relataram que os elastômeros possuem excelentes propriedades, como a capacidade de se distender e retrair rapidamente; a alta resistência e ao alto módulo de elasticidade quando distendidos, e a recuperação total da tensão sofrida. No entanto, os elastômeros não são elásticos ideais e são afetados pela duração da força a eles aplicada e pelo meio ambiente a que são submetidos. Já em relação ao percentual de degradação da força, gerada quando esses materiais são distendidos e mantidos em torno dos bráquetes, foi alto principalmente nas primeiras 24 horas, diminuindo mais lentamente após esse período.

Ahariat *et al.* (2010) investigaram a resistência a tensão, extensão, dureza e módulo de elasticidade das ligaduras elastoméricas em ambas as condições secas e úmidas e depois de 28 dias de submetidas a imersão ao meio oral simulado. As ligaduras elastoméricas foram obtidas de diferentes empresas e as propriedades de tensão foram medidas usando uma máquina de teste Zwick e depois de 28 dias submetidos ao meio oral simulado. Depois desse período, todas as ligaduras elastoméricas tiveram uma importante diminuição de tensão, extensão e resistência a tensão e dureza, considerando que o módulo de elasticidade aumentou em alguns grupos e diminuiu em outros. Houve diferença muito significativa nas propriedades de tensão das diferentes marcas de ligaduras em ambas condições, exceto ao módulo de elasticidade depois de 28 dias. Concluíram que a redução nas propriedades de resistência das ligaduras elastoméricas mostrou que elas deveriam ser substituídas em cada consulta para reduzir o risco de ruptura. Existem diferenças muito significantes nas propriedades de tensão das diferentes marcas de ligaduras, que deveriam ser consideradas durante a seleção dos produtos.

Macedo *et al.* (2012) investigaram a resposta à tração em 4 mm de ligaduras elásticas, de diferentes cores, ao longo do tempo. Foram utilizadas as ligaduras da marca Morelli que foram submetidas à tração por duas hastes de seção circular, respeitando a distância de 4mm (correspondente ao diâmetro aproximado de um bráquete de incisivo central da mesma marca) e armazenadas em saliva artificial a 37°C. As medidas foram realizadas imediatamente (0h), após duas, quatro, seis, oito, dez, 12, 24, 48, 72 e 96 horas, e após uma, duas, três e quatro semanas. Verificaram que a cor cinza apresentou o maior valor inicial de força quando submetida à tração. Já os grupos roxo, rosa, verde, preto e vermelho apresentaram os menores valores. Os grupos com maior instabilidade na manutenção das forças

foram os das cores vermelho, roxo, rosa, verde e cinza. Os mais estáveis foram os das cores pink, azul escuro, azul, roxo e rosa. Concluíram que as ligaduras não apresentaram comportamento estável ao longo do tempo quando submetidos à tração, e as que são produzidas com diferentes cores se comportam de forma distinta entre si. Os grupos pink, azul escuro, azul, roxo e rosa apresentaram as forças mais constantes, sugerindo que devem ser utilizadas durante o tratamento para obtenção desse tipo de força.

DISCUSSÃO

A utilização das forças elásticas é considerada um auxiliar preciso na condução do tratamento ortodôntico, pois são frequentemente utilizadas nas diversas fases do tratamento para a transmissão de força, a correção de mau posicionamento dental ou na fixação maxilo-mandibular após cirurgia ortognática (MARTINS *et al* (2006), SALZMANN (1966), SOUZA *et al* (2008)).

Nos estudos realizados Baty *et al* (1994), Lu *et al* (1993) e Loriato, Machado e Pacheco (2006) relataram que os elásticos empregados nos tratamentos ortodônticos utilizados em ancoragem intra-bucais são conhecidos como elásticos intrabucais e os utilizados fora da cavidade bucal são conhecidos como elásticos extrabucais. Os extrabucais desempenham um importante papel corretivo permitindo modificações esqueléticas como, a prevenção de crescimento da maxila, a modificação da direção do crescimento facial, a mudança da posição do plano palatal, a modificação do plano oclusal, a intrusão ou extrusão dos dentes, a rotação disto-lingual dos dentes superiores e a rotação mandibular no sentido do fechamento ou da abertura da mandíbula.

Os elastômeros possuem propriedades excelentes como capacidade de se distender e retrair rapidamente, alta resistência e alto módulo de elasticidade, quando distendidos e recuperação total da tensão sofrida. No entanto, os elastômeros não são elásticos ideais e são afetados pela duração da força a eles aplicada e pelo meio ambiente a que são submetidos (HERSHEY e REYNOLDS (1975), RÉGIO (1979), De GENOVA *et al* (1990), HUGET *et al* (1990), ABRÃO, MENDES e ARTESE (2007) e SOUZA *et al* (2008)).

As ligaduras elásticas apresentam diferentes níveis de forças quando expostas a ambientes que possam alterar suas estruturas. Ao serem imersas em saliva artificial, todas as ligaduras elásticas, com ou sem polímero, apresentaram uma queda progressiva nos valores médios das forças liberadas durante o período de 28 dias. Este fato pode ser explicado por esses materiais serem alterados na

presença de umidade por absorção de água, o que facilita a quebra das moléculas ou da cadeia do polímero, acelerando assim, o seu processo de degradação (AHARI *et al* (2010), HUGET *et al* (1990), JOSEEL, LEISS e REKOW (1997), MATTA e CHEVITARESE (1998), MACÊDO *et al* (2012) e TALOUMIS *et al* (1997)).

A literatura apresenta estudos realizados a partir de diferentes metodologias, fornecendo resultados variados quando avalia o grau de degradação das forças liberadas por elásticos em cadeia. Isso dificulta a realização de comparações diretas dos resultados, que são derivados dos inúmeros fatores envolvidos nas alterações das características químicas e físicas dos materiais elastoméricos. Além disso, são escassos os trabalhos que avaliam o grau de degradação da força sofrida por elásticos que permanecem *in situ* durante o período do experimento. Trabalhos *in vitro* e *in vivo* são os mais frequentes.

Entretanto, os trabalhos *in vitro*, apenas conseguem reproduzir alguns fatores que influenciam as degradações de força (FERREIRA NETO e CAETANO (2004), HERSHEY e REYNOLDS (1975), WONG *et al* (1976)).

Já nos trabalhos *in vivo*, como encontrado em Alexandre *et al* (2008), as cadeias elásticas estão sujeitas a todas variações que ocorrem no meio bucal, no entanto, o deslocamento dos dentes envolvidos pode influenciar para o aumento ou para a diminuição da degradação da força que ocorre as cadeias elásticas.

A influência do meio também foi avaliada sobre o comportamento dos elásticos quando mantidos continuamente estirados. Estudos realizados (ABRÃO, MENDES E ARTESE, 2007; MATTA e CHEVITARESE, 1998; MARTINS *et al*, 2006 E WANG *et al*, 2007) mostraram que os elásticos quando testados em meios úmidos sofreram maior degradação de força ao longo do tempo do que quando testados em meio seco. A elevação da temperatura foi considerada um fator agravante na redução de carga gerada pelos elásticos (DE GENOVA *et al*, 1975; NATRAZZ *et al*, 1998).

CONCLUSÃO

As forças elásticas devem ser avaliadas quanto aos objetivos desejados: o tipo de elástico, a ancoragem a ser preservada, as forças componentes e os pontos de aplicação das mesmas, a sensibilidade do paciente e o tempo de utilização.

Os pacientes devem ser bem instruídos sobre a maneira de usar seus elásticos, pois a negligência dos mesmos pode retardar ou comprometer o tratamento ortodôntico. As vantagens dos materiais elásticos seriam a colocação ou remoção pelo próprio paciente, dispensam limpeza, pois são descartados após o uso, dispensam ativação pelo ortodontista, a ativação é aumentada pelos movimentos mandibulares (mastigação ou fonação). Enquanto que, os inconvenientes seriam que a saliva destrói pouco a pouco o elástico, que incha e perde sua elasticidade e sua força, quando os elásticos não são usados, outros elementos ortodônticos (arcos) continuam sua ação e de modo diferente pelo qual eles foram colocados, a força exercida não é constante, o paciente pode colocar de maneira errônea e provocar movimentos contrários aos desejados, a negligência do paciente pode retardar ou comprometer o tratamento.

Desta forma, a escolha correta dos elásticos ortodônticos e o conhecimento de suas características, assim como o monitoramento cuidadoso da quantidade de força liberada nos diferentes intervalos de tempo, são imprescindíveis para a realização segura e satisfatória do tratamento ortodôntico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abrão L., Mendes A. M., Artese F. – **Avaliação da intensidade das forças liberadas por ligaduras elásticas de diferentes cores.** – Ver ClínOrtodon Dental Press, Maringá; v. 69, n. 1, p. 94-99, fev. mar. 2007.

Alexandre L. P. et al. – **Avaliação das propriedades mecânicas dos elásticos e cadeias elastoméricas em ortodontia.** Ver Odonto, São Paulo; v. 16, n. 32, p. 53-63, jul/dez. 2008

Ahari, F., Jalaly T., Zebarjad M. – **Tensile properties of orthodontic elastomeric ligatures.** – Indian J Dent Res; Kamataka, v. 21, n. 1, p. 23-29, 2010.

Andreasen G. F., Bishara S. – **Comparison of Alastik Chains with Elastics involved withintra-arch molar to molar forces.** The Angle Orthodontist, 40, (3): 151-158, 1970.

Baty David L., Volz John E., Fraunhofer Joseph A. Von – **Force delivery properties of colored elastomeric modules** – AJO-DO 1994 julho (40-46).

Billmeyer J. R., F. N. **Textbook of polymer Science.** 3rd ed. New York J. Wiley, 1984.

Brantley W. A., Salander S., Myers C. L., Winder R. V. – **Effects of prestretching on force Degradation Characteristic of Plastic Modules** – The Angle Orthodontist: 49, (1):37-43, 1979.

Cabrera M. C. et al. - **Elásticos em Ortodontia: comportamento e aplicação clínica.** R Dental Press OrtodonOrtop Facial, Maringá, v. 8, n. 1, p. 115-129, 2003.

De Genova D. C., Ledoux P. M., Weinberg R. S. R. – **Force Degradation of Orthodontic Elastomeric Chains – A product comparasion Study**– AJO-DO (377-384). Maio 1985.

Ferreira Neto J. J., Caetano M. T. de O. – **A degradação da força de segmentos de elásticos em cadeia de diferentes tamanhos: estudo comparativo in vitro.** J Bras Ortodon Ortop Facial, Curitiba, v. 9, n. 51, p. 225-233, 2004.

Fraunhofer J. A. Von, Coffelt M. T. P., Orbeli G. M. – **Effects of artificial saliva and topical**

- fluorid treatments on the degradation of the elastic properties of orthodontic chains** – The Angle Orthodontist -62(4):265-274, 1992.
- Gomes R. N. – **Biomecânica dos elásticos intermaxilares na ortodontia: Classe II e classe III.** – Cuiabá, 2010.
- Henriques J. F. C., Hayasaki S. M., Henriques R. P. – **Elásticos ortodônticos: como selecioná-los e utilizá-los de maneira eficaz.** – J Bras Ortodon Ortop Facial, Curitiba, v. 8, n. 48, p. 471-475, 2003
- Hershey H. G., Reynolds W. G. – **The plastic module as an orthodontic tooth-moving mechanism**– AJO-DO, v.67, no. 5, p. 554-562, May 1975.
- Huget E. F., Patrick K. S. – **Observations on the elastic behavior of a synthetic orthodontic elastomer**– J. Dent. Res, Baltimore, v.69, no. 2, p. 496-501, Nov. 1990.
- Josell S. D., Leiss J. B., Rekow D. – **Force degradation in elastomeric chains.** Semin. Orthod., Birmingham, v. 3, no. 3, p. 189-197, Sept. 1997.
- Kovatch R., Ingervall B., Bürgin W., Apfel D. A., Keller J. C. – **Load-extension-time behavior of orthodontic elastiks**– J. Dent. Res, Baltimore, v. 5, no. 5, p. 783-786, Sept/Oct. 1976.
- Kochenborger C et al. – **Avaliação das tensões liberadas por elásticos ortodônticos em cadeia: estudo in vitro.** Dental Press J Orthod; Maringá, v. 16, n. 6, p. 93-99, nov./dez. 2011
- Loriato L. B., Machado A. W., Pacheco W. – **Considerações clínicas e biomecânicas de elásticos em Ortodontia.** Ver Clin Ortodon Dental Press, Maringá, v. 5, n. 1, p. 44-57, fev.mar. 2006.
- Lu T. C., Wang W. N., Tamg T. H., Chen J. W. – **Force decay of elastomeric chain – A serial study part II** – AJO-DO 1993 Outubro (373-377).
- Macêdo E. O. D. et al. – **Influência do pigmento na elasticidade em longo prazo de ligaduras elásticas artigo inédito.** Dental Press J Orthod, Maringá, v. 17, n. 3, p. 27.e1-27.e6, May-June, 2012.
- Marafon A. R. S., Soares S. F. – **Elásticos ortodônticos.** São Paulo: Santos, 2009.
- Martins e Martins M. M. et al. – **Estudo comparativo entre as diferentes cores de ligaduras elásticas.** Ver Dental Press Ortodon Ortop Facial, Maringá, v. 11, n.4, p. 81-90, jul.ago. 2006.
- Mariana Martins e Martins, Mendes A. M., Almeida M. A. O., Goldner M. T. A., Ramos V. F., Guimarães S. S. – **Estudo comparativo entre as diferentes cores de ligaduras elásticas;** Ver. Dent. Press Ortodon. Ortop. Facial vol. 11 nº 4 Maringá July/Aug. 2006.

Matta E. N. R., Chevitarese O. – **Avaliação laboratorial da força liberada por elásticos plásticos** – Rev. SOB, Rio de Janeiro, v. 3, n. 4, p. 131-136, ago. 1997.

Matta E. R., Chevitarese O. – **Deformação plástica de elástico ortodônticos em cadeia: estudo in vitro.** – Rev. SOB, Rio de Janeiro, jan/jun, 1998.

Miles D. C., Briston J. H. – **Polymertechnology** – London Temple Press, 1965.

Morton M. – **Rubber techonology.** 3rd. ed. Londres: Chapman & Hall, 1995.

Natrass C., Ireland A. J., Sherriff M. – **The efectofenvironmentalfactorsonelastomericchainsandnicheltitaniumcoil Springs** – The EuropeanJournalofOrthodontics 1998 20(2): 169-176;doi:10.1093/ejo/20.02.169.

Salzmann J. A. – **PracticeofOrthodontics** – AJO-DO, v. 1, Philadelphia, 1966.

Souza E. V. et al. – **Percentual de degradação das forças liberadas por ligaduras elásticas.** - Rev. Dent. Press OrtodonOrtop Facial, Maringá, v. 13, n. 2, p. 167-175, mar./ abr. 2008.

Taloumis L. J., Smith T. M., Hondrum S. O., Lorton L. – **Force decayanddeformationoforthodonticelastomericligatures.** - Am. J. Orthod. DentofacialOrthop., St Louis, v. 111, n. 1, p. 1-11, Jan. 1997.

Ware A. L. – **Some propertiesofplastics modules used for toothmovement.** Aust. Orthod. J., Brisbane, v. 2, no. 5, p. 200-201, Feb. 1971

Wong A. K., - **OrthodonticElasticMaterials** – The AngleOrthodontist, 46, (2): 196-205, Abril 1976.

Yánez E. E. R., White L. W. – **Ortodontia contemporânea diagnóstico e tratamento.** – 2ed. México: Revinter, 2010.

Young J., Sandrik J. L. – **The influenceofpreloadingon Stress RelaxationofOrthodonticElasticPolymers**– The AngleOrthodontist – 49,(2):104-109, Abril 1979.