

Avaliação da rugosidade de fios de NiTi quando expostos à solução fluoretada
Evaluation of NiTi wire roughness when exposed to fluoridated solution
Evaluación del la rugosidad de alambres de NiTi cuando son expuestos a solución fluorada

Recebido: 21/10/2020 | Revisado: 27/10/2020 | Aceito: 30/10/2020 | Publicado: 04/11/2020

Lucineide Lima dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7041-2460>

Universidade Pitágoras UNOPAR, Brasil

E-mail: lucineideodonto@yahoo.com.br

Eloisa Aparecida Carlesse Paloco

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7812-3700>

Universidade Pitágoras UNOPAR, Brasil

E-mail: eloisapaloco@hotmail.com

Sandrine Bittencourt Berger

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7915-3207>

Universidade Pitágoras UNOPAR, Brasil

E-mail: berger.sandrine@gmail.com

Flaviana Alves Dias

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4709-6866>

Universidade Pitágoras UNOPAR, Brasil

E-mail: flavi_dias@hotmail.com

Débora Fernandes Giuliangeli

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9651-2670>

Universidade Pitágoras UNOPAR, Brasil

E-mail: deboragiuliangeli@outlook.com

Júlia Graciela Monteiro dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1325-0688>

Universidade Pitágoras UNOPAR, Brasil

E-mail: ju.monteiro1106@gmail.com

Lucia Gloria Diana Aguilar Pizzurno

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9737-4249>

Universidade Pitágoras UNOPAR, Brasil

E-mail: dianita.982@hotmail.com

Ricardo Danil Guiraldo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1625-3120>

Universidade Pitágoras UNOPAR, Brasil

E-mail: rdguiraldo@gmail.com

Resumo

Os fios de níquel-titânio são uma grande preocupação devido ao alto índice de níquel e sua possível liberação quando expostos principalmente ao flúor. Assim, o objetivo neste estudo foi avaliar a rugosidade de fios de níquel-titânio (NiTi) utilizados no tratamento ortodôntico quando expostos à solução fluoretada. Os fios foram divididos em grupos de acordo com sua composição (Flexy NiTi Super Elástico, Flexy NiTi Thermal 35°, Flexy NiTi Copper e Flexy Blue-Ti), tempo (0 dias – T0, 7 dias – T1, 14 dias – T2, e 28 dias – T3) e imersão (solução de saliva artificial ou saliva artificial mais solução fluoretada). Para o ensaio de rugosidade foram utilizadas seções retas (24 mm de comprimento) de cada fio, com velocidade constante de 0,25 mm/s, comprimento de 2,5 mm e *cut-off* de 0,25 mm. A rugosidade da superfície para cada fio ortodôntico foi composta pela média de três leituras. Os resultados foram submetidos ao teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov, seguidos de análise de variância para comparação entre os diferentes tempos e teste t de Student para comparação da diferença dos tempos para cada grupo e na comparação entre os grupos. Não houve diferença estatisticamente significativa da rugosidade intra e intergrupos entre diferentes composições, tempos ou imersão. O uso de flúor na concentração de 0,2% uma vez por semana não causou alterações significativas na rugosidade da superfície dos fios utilizados.

Palavras-chave: Fios ortodônticos; Saliva; Flúor.

Abstract

There is a concern about the nickel-titanium (NiTi)-based wires due their content and potential release of nickel, mainly when they are exposed to fluoride. Therefore, the aim of this study was to evaluate the roughness of NiTi-based wires used in orthodontic treatment when exposed to fluoridated solution. The wires were divided in groups according their composition (Flexy NiTi Super Elastic, Flexy NiTi Thermal 35°, Flexy NiTi Copper e Flexy

Blue-Ti), time (0 day – T0, 7 days – T1, 14 days – T2, and 28 days – T3) and immersion (artificial saliva solution or artificial saliva containing fluoride). To the roughness assay, straight sections (24 mm) of each wire were used, under constant speed of 0.25 mm/s, measurement length of 2.5 mm and cut-off value of 0.25 mm. The value of surface roughness was obtained by the average of three measurements of each wire. To check data normality the Kolmogorov-Smirnov test was applied, followed by analysis of variance to compare the difference between time and Student t-test to compare the difference of time to each group and intergroup. There was no statistically significant difference of the roughness intra- and intergroup between different composition, time nor immersion. The use of 0.2% fluoride once a week did not cause significant changes in the surface characteristics of studied wires.

Keywords: Orthodontic wires; Saliva; Fluorine.

Resumen

Los alambres de níquel-titanio son una gran preocupación debido al alto índice de níquel y la posible liberación de este cuando son expuestos principalmente al flúor. Así, el objetivo fue evaluar la rugosidad de los alambres de níquel-titanio (NiTi) utilizados en el tratamiento ortodóntico cuando son expuestos a la solución fluorada. Los alambres fueron divididos en grupos de acuerdo con su composición (Flexy NiTi Super Elástico, Flexy NiTi Thermal 35°, Flexy NiTi Copper e Flexy Blue-Ti), tiempo (0 días - T0, 7 días – T1, 14 días – T2 y 28 días – T3) e inmersión (solución de saliva artificial o solución de saliva artificial más solución de fluoruro). Para la prueba de rugosidad fueron utilizados segmentos rectos (24 mm de longitud) de cada alambre, con velocidad constante de 0,25 mm/s, longitud de 2,5 mm y *cut-off* de 0,25 mm. La rugosidad de superficie de cada alambre de ortodoncia fue resultado del promedio de las tres lecturas. Los valores obtenidos fueron sometidos a la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, seguidos del análisis de varianza para la comparación entre diferentes tiempos y prueba t de Student para comparar la diferencia de tiempos para cada grupo y en la comparación entre grupos. No hubo diferencia estadísticamente significativa de la rugosidad intra e intergrupala entre las diferentes composiciones, tiempos e inmersión. La utilización de flúor a una concentración de 0,2% una vez a la semana no provocó alteraciones significativas en cuanto a la rugosidad de superficie de los alambres utilizados.

Palabras clave: Alambres para ortodoncia; Saliva; Flúor.

1. Introdução

Os aparelhos ortodônticos e fios estão sujeitos a variação de temperatura, pH, microbiota e saliva da cavidade oral podendo sofrer ação da corrosão. Com o avanço da tecnologia, as ligas de níquel-titânio são mais comumente utilizadas devido suas propriedades mecânicas e clínicas (Cioffi et al., 2012). Entretanto, essas boas características não vieram acompanhadas de uma melhor resistência a corrosão, que podem afetar não só a eficácia do tratamento como resultar em reações tóxicas e alérgicas devido a liberação do níquel (Bogdanski et al., 2002).

Os fios de níquel-titânio são uma grande preocupação devido ao alto índice de níquel e as questões de biocompatibilidade aos tecidos (Locci et al., 2000), pois estes sofrem alterações nas suas características quando expostos principalmente ao flúor presente nos dentífricos e enxaguantes bucais utilizados para se evitar cáries dentais e sensibilidade, promovendo a corrosão da camada externa de oxido de titânio, que lhe confere proteção (Nakagawa, Matsuya & Udoh, 2002; Schiff et al., 2002; Kao & Huang, 2010) liberando níquel que já foi descrito como um íon tóxico e alérgico (Schafer, Bohler & Ruhdorfer, 2001). No entanto, a corrosão do titânico vai depender da concentração do fluoreto e do pH no meio (Nakagawa et al., 1999). Além disto, a interação do hidrogênio com a liga de titânio pode reduzir a resistência dos fios. O hidrogênio, em sua forma atômica, entra na liga e, por ser um átomo muito pequeno, se difunde rapidamente pela estrutura metálica, mesmo em temperaturas normais. O hidrogênio absorvido pode sofrer reações irreversíveis com óxidos e carbeto presentes em algumas ligas, alterando permanentemente sua microestrutura.

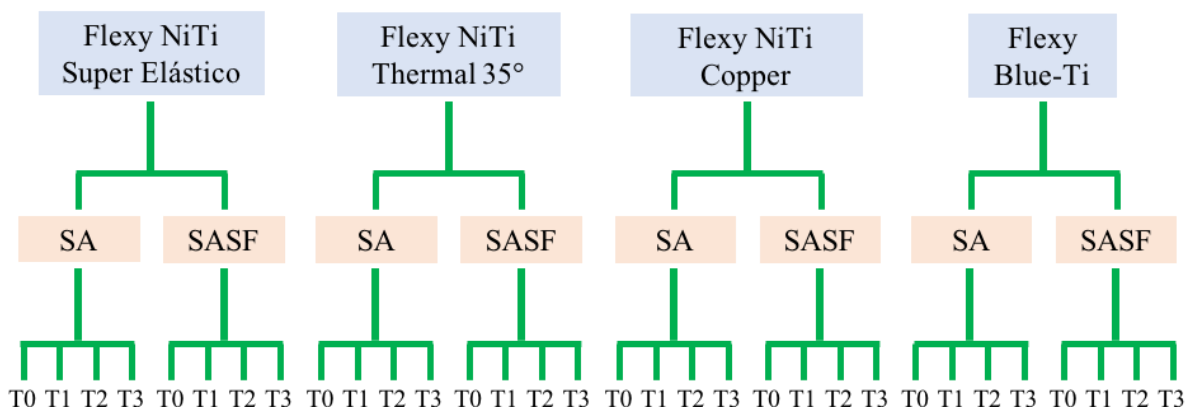
Os defeitos de corrosão na superfície do aparelho ortodôntico e nos fios influenciam o atrito estático e cinético (Prososki, Bagby & Erickson, 1991; Kao & Huang, 2010). A resistência ao deslizamento entre o *slot* do braquete e o fio pode influenciar na movimentação do dente, portanto o controle do atrito é um dos fatores favoráveis para obtenção dos resultados do tratamento ortodôntico (Tecco, Tete & Festa, 2009; Bandeira et al., 2011; Fidalgo et al., 2011).

Assim, o objetivo neste estudo foi avaliar a rugosidade de fios de NiTi utilizados no tratamento ortodôntico, pela necessidade de avaliar a características dos fios ortodônticos quando submetidos a agentes como o flúor, uma vez que quando em contato podem sofrer corrosão e interferir na eficácia do tratamento.

2. Materiais e Métodos

A amostra foi composta por 15 segmentos por grupo (n=15) de arcos ortodônticos NiTi pré contornados de dimensões 0.018x0.025". Os grupos foram divididos de acordo com os diferentes tipos de fios ortodônticos, armazenamento e tempo (Figura 1): Grupo 1- Flexy NiTi Super Elástico (Orthometric, Marília, SP, Brasil) com armazenamento em saliva artificial (Odontofarma, Londrina, PR, Brasil), dividido nos tempos 0 (T0), 7 (T1), 14 (T2) e 28 dias (T3); Grupo 2- Flexy NiTi Thermal 35° (Orthometric) com armazenamento em saliva artificial, divididos nos tempos T0, T1, T2 e T3; Grupo 3- Flexy NiTi Copper (Orthometric) com armazenamento em saliva artificial, divididos nos tempos T0, T1, T2 e T3; Grupo 4- Flexy Blue-Ti (Orthometric) com armazenamento em saliva artificial, divididos nos tempos T0, T1, T2 e T3; Grupo 5- Flexy NiTi Super Elástico com armazenamento em saliva artificial e imersos semanalmente em solução fluoretada (0,2%) por 1 min, divididos nos tempos T0, T1, T2 e T3; Grupo 6- Flexy NiTi Thermal 35° com armazenamento em saliva artificial e imersos semanalmente em solução fluoretada (0,2%) por 1 min, dividido nos tempos T0, T1, T2 e T3; Grupo 7- Flexy NiTi Copper com armazenamento em saliva artificial e imersos semanalmente em solução fluoretada (0,2%) por 1 min, dividido nos tempos T0, T1, T2 e T3; Grupo 8- Flexy Blue-Ti com armazenamento em saliva artificial e imersos semanalmente em solução fluoretada (0,2%) por 1 min, dividido nos tempos T0, T1, T2 e T3.

Figura 1. Grupos de acordo com os diferentes tipos de fios ortodônticos, armazenamento e tempo.



SA: solução de saliva artificial; SASF: saliva artificial mais solução fluoretada; T0: 0 dias; T1: 7 dias; T2: 14 dias e T3: 28 dias. Fontes Autores.

Seções retas (24 mm de comprimento) de cada arco foram utilizados para testes. Um

bloco de metal foi construído para posicionamento dos fios durante os testes de rugosidade. Neste bloco, braquetes metálicos para incisivos centrais superiores (Morelli, Sorocaba, SP, Brasil) foram fixados com cianoacrilato, com uma distância inter-braquete de 12 mm. Cada amostra de teste foi cuidadosamente colocada nos braquetes acoplados a módulos elastoméricos (Albuquerque et al., 2017).

Ensaio de Rugosidade Média (Ra)

Para esta análise foi utilizado um rugosímetro de superfície (SJ-410, Mitutoyo, Japão) com uma velocidade constante de 0,25 mm/s. O *cut-off* foi de 0,25 mm e o comprimento de mensuração de 2,5 mm. A rugosidade média da superfície (Ra) para cada fio ortodôntico foi a média das três leituras (Albuquerque et al., 2017). Após realizado o teste de rugosidade as amostras foram imersas em solução de saliva artificial (SA; Grupos 1, 2, 3 e 4 nos diferentes tempos) ou saliva artificial mais solução fluoretada (SASF; Grupos 5, 6, 7 e 8 nos diferentes tempos).

A solução de saliva artificial foi preparada com valor de pH 4,8 (Lin et al., 2008). O pH de 4,8 foi utilizado como imitação da saliva de pessoas suscetíveis a cárie, dessa forma seria recomendado a utilização de agentes profiláticos para diminuir o risco.

Os fios utilizados, cada um com 24 mm de comprimento, foram imersos em 10 mL de saliva artificial e armazenados a 37°C. Com intervalo de uma semana, eles foram retirados do meio e imersos em solução fluoretada (0,2%) durante 1 minutos a 37°C. Em seguida as amostras foram secas e submetidas novamente ao teste de rugosidade como descrito anteriormente.

Análise Estatística

A análise estatística foi realizada usando Minitab 16 para Windows 8 (Minitab, State College, PA, EUA). Os resultados foram submetidos ao teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov, seguidos de análise de variância para comparação entre os diferentes tempos e teste t de Student para comparação da diferença dos tempos para cada grupo e na comparação entre os grupos, com nível de significância de 5% ($\alpha=0,05$).

3. Resultados

Na comparação entre os tipos de fios utilizados nos diferentes tempos (Tabela 1), não houve diferença estatisticamente significativa para os valores médios de rugosidade (R_a , μm), para os grupos que as amostras foram imersas somente em solução de saliva artificial.

Tabela 1. Valores médios de rugosidade (R_a , μm) para os fios ortodônticos testados nos diferentes tempos nos grupos que as amostras foram imersas somente em solução de saliva artificial.

Grupos	T0	T1	T2	T3	p^*
1	0,114 (0,06)	0,116 (0,05)	0,123 (0,05)	0,075 (0,01)	0,919
2	0,154 (0,06)	0,157 (0,06)	0,095 (0,02)	0,082 (0,01)	0,255
3	0,187 (0,10)	0,211 (0,09)	0,177 (0,04)	0,149 (0,02)	0,961
4	0,236 (0,09)	0,305 (0,06)	0,220 (0,07)	0,284 (0,16)	0,055

Não houve diferença estatisticamente significativa entre os valores médios, com base na análise de variância, ao nível de significância de 5%. Grupo 1- Flexy NiTi Super Elástico, Grupo 2- Flexy NiTi Thermal 35°, Grupo 3- Flexy NiTi Copper, Grupo 4- Flexy Blue-Ti. Desvio padrão são mostrados entre parênteses. Fonte: Autores.

Na comparação entre os tipos de fios utilizados nos diferentes tempos (Tabela 2), não houve diferença estatisticamente significativa para os valores médios de rugosidade (R_a , μm), para os grupos que as amostras foram imersas em saliva artificial mais solução fluoretada.

Na comparação entre os grupos que as amostras foram imersas em saliva artificial mais solução fluoretada entre os diferentes tempos (Tabela 3), não houve diferença estatisticamente significativa para os valores médios de rugosidade (R_a , μm).

De acordo com a Tabela 4, na comparação entre os grupos que as amostras foram imersas em saliva artificial (SA) e grupos que as amostras foram imersas em saliva artificial mais solução fluoretada (SASF), não houve diferença estatisticamente significativa para os valores médios de rugosidade (R_a , μm) entre os tempos ($p \geq 0,05$).

Tabela 2. Valores médios de rugosidade (Ra, μm) para os fios ortodônticos testados nos diferentes tempos nos grupos que as amostras foram imersas em saliva artificial mais solução fluoretada.

Grupos	T0	T1	T2	T3	p^*
5	0,116 (0,07)	0,159 (0,11)	0,162 (0,12)	0,091 (0,05)	0,740
6	0,115 (0,05)	0,119 (0,06)	0,103 (0,02)	0,280 (0,25)	0,338
7	0,141 (0,04)	0,147 (0,05)	0,165 (0,03)	0,116 (0,03)	0,518
8	0,225 (0,09)	0,249 (0,06)	0,237 (0,07)	0,241 (0,16)	0,789

Não houve diferença estatisticamente significativa entre os valores médios, com base na análise de variância, ao nível de significância de 5%. Grupo 5- Flexy NiTi Super Elástico, Grupo 6- Flexy NiTi Thermal 35°, Grupo 7- Flexy NiTi Copper, Grupo 8- Flexy Blue-Ti. Desvio padrão são mostrados entre parênteses. Fonte: Autores.

Tabela 3. Valores médios de rugosidade (Ra, μm) para os fios ortodônticos testados nos diferentes tempos nos grupos que as amostras foram imersas em saliva artificial mais solução fluoretada.

Grupos	T1-T0	T2-T0	T3-T0
5	-0,002 (0,18)	0,0614 (0,13)	0,0074 (0,04)
6	-0,003 (0,04)	0,005 (0,01)	0,156 (0,31)
7	0,040 (0,05)	0,020 (0,07)	-0,003 (0,03)
8	-0,0006 (0,08)	0,012 (0,10)	0,040 (0,09)
p	0,98	0,58	0,55

Não houve diferença estatisticamente significativa entre os valores médios, com base no teste t de Student, ao nível de significância de 5%. Grupo 5- Flexy NiTi Super Elástico, Grupo 6- Flexy NiTi

Thermal 35°, Grupo 7- Flexy NiTi Copper, Grupo 8- Flexy Blue-Ti. Desvio padrão são mostrados entre parênteses. Fonte: Autores.

De acordo com a Tabela 4, na comparação entre os grupos que as amostras foram imersas em saliva artificial (SA) e grupos que as amostras foram imersas em saliva artificial mais solução fluoretada (SASF), não houve diferença estatisticamente significativa para os valores médios de rugosidade (Ra, μm) entre os tempos ($p \geq 0,05$).

Tabela 4. Valores médios de rugosidade (Ra, μm) para os fios ortodônticos testados nos diferentes tempos entre os grupos que as amostras foram imersas em saliva artificial (SA) e grupos que as amostras foram imersas em saliva artificial mais solução fluoretada (SASF).

Fios Ortodônticos	T1-T0		T2-T0		T3-T0	
	SA	SASF	SA	SASF	SA	SASF
Flexy NiTi Super Elástico	-0,004 (0,11)	-0,002 (0,18)	-0,0008 (0,09)	0,0614 (0,13)	-0,0238 (0,05)	0,0074 (0,04)
Flexy NiTi Thermal 35°	0,009 (0,07)	-0,003 (0,04)	-0,074 (0,09)	0,005 (0,01)	-0,062 (0,07)	0,156 (0,31)
Flexy NiTi Copper	-0,026 (0,19)	0,040 (0,05)	-0,038 (0,13)	0,020 (0,07)	-0,013 (0,04)	-0,003 (0,03)
Flexy Blue-Ti	0,097 (0,06)	-0,0006 (0,08)	-0,113 (0,16)	0,012 (0,10)	0,117 (0,17)	0,040 (0,09)

Não houve diferença estatisticamente significativa entre os valores médios, com base no teste t de Student, ao nível de significância de 5%. Desvio padrão são mostrados entre parênteses. Fonte: Autores.

4. Discussão

O uso de preparações tópicas de fluoreto durante o tratamento ortodôntico tem sido indicado, uma vez, que a sua utilização aumenta o potencial de remineralização da superfície

dental devido a desvantagem da colagem dos braquetes que promove a desmineralização do esmalte ao redor destes acessórios (Schmit et al., 2002; Kim et al., 2005). Entretanto, estudos *in vitro* (Watanabe & Watanabe, 2003; Walker, White & Kulac, 2005; Perinetti et al., 2012) relataram efeitos deletérios da ação do fluoreto nas propriedades mecânicas dos fios ortodônticos. Assim, esse estudo, teve por objetivo analisar as superfícies dos fios de NiTi quando expostos aos íons fluoretos.

Esse efeito deletério ocorre devido a degradação da camada de proteção do óxido de titânio por meio dos íons fluoretos quando a concentração de fluoreto de sódio excede 0,1% (próximo a 500ppm) (Huang, 2002), o que contradiz com este estudo, onde fios de NiTi foram expostos a uma concentração de 0,2% de solução fluoretada e não demonstraram rugosidade estatisticamente significativa. A rugosidade de superfície de arcos comerciais de NiTi com estrutura química de superfície semelhante não corresponde a diferenças na resistência a corrosão da sua superfície (Huang, 2005). Para avaliar a superfície de diferentes fios foi realizado este estudo com diversos tipos de fios NiTi com composições diferentes.

Os diversos tipos de fios de NiTi utilizados neste estudo foram submetidos a uma solução de saliva artificial a um pH 4,8 e a uma solução fluoretada a 0,2%. Estudos relatam uma perda da resistência a corrosão, quando ligas de titânio são submetidas a flúor com valores de pH variáveis (Lausmaa, Kasemo & Hansson, 1985; Nakagawa et al., 1999; Kwon et al., 2004; Kwon et al., 2008). No entanto, o limite de concentração de ácido fluorídrico no qual a resistência a corrosão pode ser mantida é em torno de 30 ppm (Huang, 2003). Essa concentração pode ser obtida a partir de uma solução de NaF a 0,05% em pH 4,0 ou solução de NaF a 0,1% em pH 4,3 (Kwon et al., 2008). No estudo, não foi encontrada diferenças significativas entre os fios (Tabela 4). Uma hipótese é que essa concentração de fluoreto neste pH pode ter contribuído para a manutenção da resistência a corrosão dos diversos tipos de fio de NiTi.

A camada de proteção dos fios consiste principalmente em Ti_2O_3 ou TiO_2 que podem ser substituídas por TiF_3 , TiF_4 ou $TiOF_2$ quando em contato com o fluoreto. Um estudo (Kwon et al., 2005) mostrou que a concentração de flúor não foi um fator significativo, então a alteração da superfície sofrida pela substituição de íons oxigênio por íons flúor não pode ser a explicação de uma característica mecânica superficial diferente ou microdureza. No presente estudo, os fios também, não apresentaram diferenças significativas na sua rugosidade da superfície.

A variação do tempo poderia influenciar para a corrosão dos fios. No estudo, foi utilizado um tempo de 1 minuto simulando a utilização do fluoreto em bochechos semanais.

Com esse tempo não foi encontrada diferenças significativas entre os fios, apesar de serem avaliados com 3, 14 e 28 dias, o que contradiz com um estudo (Lin et al., 2012) que mostrou que um ambiente contendo flúor e um tempo de imersão mais longo podem aumentar a corrosão da camada superficial. Neste estudo foi utilizado diferentes tipos de fios ortodônticos disponíveis clinicamente. Embora eles apresentassem semelhanças na composição (limitação do estudo), poderiam apresentar diferentes rugosidade de superfície, o que não foi evidenciado com a metodologia utilizada. Estudos clínicos adicionais são sugeridos para comparar as propriedades com a utilização de diferentes concentrações de flúor em diferentes tempos.

5. Conclusão

Foi possível concluir que: a utilização do flúor na concentração de 0,2% uma vez por semana durante 28 dias não provocou alterações significativas nas características dos fios ortodônticos testados.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PIBIC – CNPq) e da Fundação Nacional de Desenvolvimento do Ensino Superior Particular (FUNADESP). Os autores agradecem a Orthometric pelo fornecimento dos fios ortodônticos para a realização do trabalho.

Referências

Albuquerque, C. G. D., Correr, A. B., Venezian, G. C., Santamaria Jr, M., Tubel, C. A., & Vedovello, S. A. S. (2017). Deflection and flexural strength effects on the roughness of aesthetic-coated orthodontic wires. *Brazilian Dental Journal*, 28(1), 40-45.

Bandeira, A. M. B., dos Santos, M. P. A., Pulitini, G., Elias, C. N., & da Costa, M. F. (2011). Influence of thermal or chemical degradation on the frictional force of an experimental coated NiTi wire. *The Angle Orthodontist*, 81(3), 484-489.

Bogdanski, D., Köller, M., Müller, D., Muhr, G., Bram, M., Buchkremer, H. P., & Epple, M. (2002). Easy assessment of the biocompatibility of Ni–Ti alloys by in vitro cell culture experiments on a functionally graded Ni–NiTi–Ti material. *Biomaterials*, 23(23), 4549-4555.

Cioffi, I., Piccolo, A., Tagliaferri, R., Paduano, S., Galeotti, A., & Martina, R. (2012). Pain perception following first orthodontic archwire placement-Thermoelastic vs superelastic alloys: A randomized controlled trial. *Quintessence international*, 43(1), 61–69.

Fidalgo, T. K. D. S., Pithon, M. M., Maciel, J. V. B., & Bolognese, A. M. (2011). Friction between different wire bracket combinations in artificial saliva: an in vitro evaluation. *Journal of Applied Oral Science*, 19(1), 57-62.

Huang, H. H. (2002). Effects of fluoride concentration and elastic tensile strain on the corrosion resistance of commercially pure titanium. *Biomaterials*, 23(1), 59-63.

Huang, H. H. (2003). Corrosion resistance of stressed NiTi and stainless steel orthodontic wires in acid artificial saliva. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 66(4), 829-839.

Huang, H. H. (2005). Variation in corrosion resistance of nickel-titanium wires from different manufacturers. *The Angle Orthodontist*, 75(4), 661-665.

Kao, C. T., & Huang, T. H. (2010). Variations in surface characteristics and corrosion behaviour of metal brackets and wires in different electrolyte solutions. *The European Journal of Orthodontics*, 32(5), 555-560.

Kim, M. J., Lim, B. S., Chang, W. G., Lee, Y. K., Rhee, S. H., & Yang, H. C. (2005). Phosphoric acid incorporated with acidulated phosphate fluoride gel etchant effects on bracket bonding. *The Angle Orthodontist*, 75(4), 678-684.

Kwon, Y. H., Cheon, Y. D., Seol, H. J., Lee, J. H., & Kim, H. I. (2004). Changes on NiTi orthodontic wired due to acidic fluoride solution. *Dental Materials Journal*, 23(4), 557-565.

Kwon, Y. H., Cho, H. S., Noh, D. J., Kim, H. I., & Kim, K. H. (2005). Evaluation of the effect of fluoride-containing acetic acid on NiTi wires. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials* 72(1), 102-108.

Kwon, Y. H., Jang, C. M., Jang, J. H., Park, J. H., Kim, T. H., & Kim, H. I. (2008). Effect of fluoride released from fluoride-containing dental restoratives on NiTi orthodontic wires. *Dental Materials Journal*, 27(1), 133-138.

Lausmaa, J., Kasemo, B., & Hansson, S. (1985). Accelerated oxide growth on titanium implants during autoclaving caused by fluorine contamination. *Biomaterials*, 6(1), 23-27.

Lin, H., Bowers, B., Wolan, J. T., Cai, Z., & Bumgardner, J. D. (2008). Metallurgical, surface, and corrosion analysis of Ni-Cr dental casting alloys before and after porcelain firing. *Dental Materials*, 24(3), 378-385.

Lin, J., Han, S., Zhu, J., Wang, X., Chen, Y., Vollrath, O., & Mehl, C. (2012). Influence of fluoride-containing acidic artificial saliva on the mechanical properties of Nickel-Titanium orthodontics wires. *Indian Journal of Dental Research*, 23(5), 591-595.

Locci, P., Lilli, C., Marinucci, L., Calvitti, M., Belcastro, S., Bellocchio, S., & Becchetti, E. (2000). In vitro cytotoxic effects of orthodontic appliances. *Journal of Biomedical Materials Research*, 53(5), 560-567.

Nakagawa, M., Matsuya, S., & Udoh, K. (2002). Effects of fluoride and dissolved oxygen concentrations on the corrosion behavior of pure titanium and titanium alloys. *Dental Materials Journal*, 21(2), 83-92.

Nakagawa, M., Matsuya, S., Shiraishi, T., & Ohta, M. (1999). Effect of fluoride concentration and pH on corrosion behavior of titanium for dental use. *Journal of Dental Research*, 78(9), 1568-1572.

Perinetti, G., Contardo, L., Ceschi, M., Antonioli, F., Franchi, L., Baccetti, T., & Di Lenarda, R. (2012). Surface corrosion and fracture resistance of two nickel-titanium-based archwires

induced by fluoride, pH, and thermocycling. An in vitro comparative study. *The European Journal of Orthodontics*, 34(1), 1-9.

Prosofski, R. R., Bagby, M. D., & Erickson, L. C. (1991). Static frictional force and surface roughness of nickel-titanium arch wires. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 100(4), 341-348.

Schiff, N., Grosogeat, B., Lissac, M., & Dalard, F. (2002). Influence of fluoride content and pH on the corrosion resistance of titanium and its alloys. *Biomaterials*, 23(9), 1995-2002.

Schmit, J. L., Staley, R. N., Wefel, J. S., Kanellis, M., Jakobsen, J. R., & Keenan, P. J. (2002). Effect of fluoride varnish on demineralization adjacent to brackets bonded with RMGI cement. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 122(2), 125-134.

Tecco, S., Tetè, S., & Festa, F. (2009). Friction between archwires of different sizes, cross-section and alloy and brackets ligated with low-friction or conventional ligatures. *The Angle Orthodontist*, 79(1), 111-116.

Walker, M. P., White, R. J., & Kula, K. S. (2005). Effect of fluoride prophylactic agents on the mechanical properties of nickel-titanium-based orthodontic wires. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 127(6), 662-669.

Watanabe, I., & Watanabe, E. (2003). Surface changes induced by fluoride prophylactic agents on titanium-based orthodontic wires. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 123(6), 653-656.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Lucineide Lima dos Santos – 30%

Eloisa Aparecida Carlesse Paloco – 10%

Sandrine Bittencourt Berger – 10%

Flaviana Alves Dias – 10%

Débora Fernandes Giuliangeli – 10%

Júlia Graciela Monteiro dos Santos – 10%

Lucia Gloria Diana Aguilar Pizzurno – 5%

Ricardo Danil Guiraldo – 15%