

UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP

CORROSÃO *IN VIVO* EM FIOS ORTODÔNTICOS

DE NÍQUEL TITÂNIO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Paulista – UNIP, para obtenção do título de mestre em Odontologia.

CELSO MASSAHIRO OGAWA

SÃO PAULO

2013

UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP

CORROSÃO *IN VIVO* EM FIOS ORTODÔNTICOS

DE NÍQUEL TITÂNIO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Paulista – UNIP, para obtenção do título de mestre em Odontologia.

Orientadora: Profa. Dra. Cristina Lucia Feijó Ortolani

CELSO MASSAHIRO OGAWA

SÃO PAULO

2013

Ogawa, Celso Massahiro.

Corrosão *in vivo* de fios ortodônticos de níquel titânio / Celso MassahiroOgawa - 2013.

12 f.: il. color. +CD-ROM.

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Paulista, São Paulo, 2013.

Área de Concentração: Ortodontia – Clínica Infantil.

Orientadora: Prof^a. Dra. Cristina Lucia Feijó Ortolani.

1. Ortodontia. 2. Microscopia de força atômica. 3. Corrosão.
4. Flúor. 5. Níquel-Titânio.I. Título. II. Ortolani, Cristina Lucia Feijó (orientadora)

**CORROSÃO *IN VIVO* EM FIOS ORTODÔNTICOS
DE NÍQUEL TITÂNIO**

CELSO MASSAHIRO OGAWA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Paulista – UNIP, para obtenção do título de mestre em Odontologia.

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA

_____/_____/_____
Prof. Dr. Kurt Faltin Jr.
Universidade Paulista – UNIP

_____/_____/_____
Prof. Dr. Francisco Antonio Bertoz
Universidade Estadual Paulista – UNESP - Araçatuba

_____/_____/_____
Profa. Dra. Cristina Lucia Feijó Ortolani
Universidade Paulista – UNIP

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Mário e Saemi e à minha esposa Kauana que são a base do meu viver e o motivo principal do meu esforço.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por permitir mais esta conquista;

Aos professores desta casa por compartilharem seus conhecimentos, em especial, ao Prof. Dr. Kurt Faltin Jr. e à minha orientadora Profa. Dra. Cristina Ortolani;

À Profa. Dra. Maria Cecília Salvadori do Instituto de Física da Universidade de São Paulo que me acolheu durante um semestre como aluno especial do seu curso de Microscopia de Força Atômica e Tunelamento;

Aos colegas mestrandos pelo companheirismo, em especial ao Odilon Souza, Aline Magalhães e Milena Amorim, pelos 2 anos de convivência e parceria;

Aos técnicos do laboratório da UNIP, Victor e Michelle, por sua presteza e boa vontade;

E também, à todos os funcionários desta instituição.

RESUMO

OBJETIVO: Avaliar a corrosão em duas marcas comerciais de fios ortodônticos de Níquel Titânio (NiTi) *in vivo*, retirados do meio bucal de pacientes sob tratamento ortodôntico, após 30 dias de uso contínuo com o uso diário de enxaguantes bucais contendo flúor acidulado e de pH neutro. **MÉTODOS:** Cinco voluntários nas fases iniciais de alinhamento e nivelamento de tratamento ortodôntico com mesmo tipo e marca de bráquete foram selecionados para avaliar a corrosão de dois fios de Niti .016", superior, Nitinol™ Super Elastic 3M Unitek e inferior, NiTi Memory Wire American Orthodontics (AO). A corrosão foi avaliada na presença de dois enxaguantes contendo flúor (flúor neutro 1.1% [pH7], flúor acidulado 1,1% [pH 5.1]) e um placebo para controle (pH 7). Cada indivíduo fez uso de um dos enxaguantes em diferentes tempos (teste duplo cego), um minuto/dia por 30 dias. Os fios foram removidos, preparados para análise qualitativa em microscopia eletrônica de varredura (MEV). Microscopia de força atômica (MFA) também foi realizada para análises qualitativas e quantitativas de rugosidade aritmética (RA) e rugosidade quadrática média (RMS). Os valores obtidos passaram por análise estatística de ANOVA e Tukey. **RESULTADOS:** As imagens obtidas no MEV e no MFA demonstraram uma aumento qualitativo da rugosidade gradual entre os tratamentos para ambos os fios: controle < placebo < flúor neutro < flúor acidulado. Os valores de Ra e Rms foram semelhantes. Para os fios 3M, apenas o grupo controle se diferenciou estatisticamente para o tratamento com flúor acidulado. Para os fios AO, os grupos controle e placebo não diferenciaram entre si, mas se diferenciaram dos demais tratamentos com flúor. Por outro lado, o grupo que utilizou flúor neutro por sua vez também se diferenciou do grupo que fez uso do flúor acidulado. **CONCLUSÃO:** Os fios 3M, pelos dados quantitativos, não sofrem influência dos desafios orais diários, fato que só é observado quando esses desafios são associados ao uso do flúor acidulado. Os fios AO também não sofrem influência dos desafios orais diários, porém a associação destes com flúor, seja ele neutro ou acidulado, aumentam sua rugosidade.

PALAVRAS-CHAVES: Ortodontia, Microscopia de Força Atômica, Corrosão, Flúor, Níquel Titânio.

ABSTRACT

OBJECTIVE: Evaluate corrosion in two commercial nickel-titanium (NiTi) orthodontic wires *in vivo*, removed from the oral cavity of patients undergoing orthodontic treatment, after 30 days of continuous use with daily use of mouthwashes containing acidulate and neutral pH fluorides. **METHODS:** Five volunteers in the early stages of alignment and leveling of orthodontic treatment using the same type and brand of bracket were selected to evaluate corrosion behavior of two .016" NiTi wires, upper, Nitinol™ Super Elastic 3M Unitek and lower, NiTi Memory Wire American Orthodontics (AO). Corrosion was evaluated in presence of two mouthwashes containing fluoride (neutral fluoride 1,1% [pH7], acidulated fluoride, 1% [pH 5.1]), and one placebo for control (pH7). Each individual used one of the three mouthwashes in different periods of time (double blind test), one minute/day for 30 days. The wires were removed and prepared for qualitative analysis in scanning electron microscopy (SEM). It was also performed atomic force microscopy (AFM) for qualitative and quantitative analysis of arithmetic average of the roughness (RA) and root mean square roughness (RMS). Obtained values passed through statistical analysis of ANOVA and Tukey. **RESULTS:** Images obtained from SEM and AFM showed a qualitative increase in the roughness gradually among treatments for both wires: control < placebo < neutral fluoride < acidulated fluoride. The RA and RMS results were similar. For 3M wires only the control group was statistically different for the acidulated fluoride treatment. For AO wires, the control and placebo groups did not differ from each other, but did differ from the other acidulated fluoride treatments. On the other hand, the group that used neutral fluoride also differed from the acidulated fluoride group. **CONCLUSION:** 3M wires, according quantitative data, are not affected by the oral daily challenges; a fact that is only observed when it is combined with the use of acidulated fluoride. AO wires also did not experience influence from the oral daily challenges. Still, its association with fluoride, either neutral or acidic, increases its roughness.

KEY-WORDS: Orthodontics, Atomic Force Microscopy, Corrosion, Fluoride, Nickel Titanium.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	8
CONCLUSÃO GERAL.....	10
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	11

INTRODUÇÃO

Fios ortodônticos diferenciam-se conforme sua composição. Uma variedade de ligas são utilizadas na composição de fios ortodônticos afim de gerar forças mecânicas para a movimentação dentária (1). Um dos fios mais utilizados na maioria das técnicas ortodônticas é o de Níquel Titânio (NiTi) pelas suas características de maleabilidade e memória(2). Alguns estudos de corrosão em fios ortodônticos em presença de flúor foram feitos(1, 3-9), entre eles um apontando corrosões galvânicas entre materiais ortodônticos sugerindo a necessidade de criação de uma solução contendo flúor e agentes inibidores de corrosão para pacientes com aparelhos ortodônticos(9).

O flúor atua como agente oxidante do Ti aumentando a rugosidade dos fios de NiTi(3, 4, 6-8, 10, 11), especialmente em pH ácido (7, 10, 11), que podem ainda sofrer alteração pela temperatura do meio (11). Exposições frequentes ao flúor através de dentifrícios, géis e vernizes são importantes pois aumentam a capacidade de remineralização do esmalte prevenindo lesões brancas ao redor do bráquete, especialmente no terço gengival das coroas (12).

O acúmulo de resíduos ao redor dos bráquetes e dificuldade de higienização dos pacientes pode levar a lesões brancas e algumas vezes até evoluir para cáries. Afim de aumentar a capacidade de remineralização do esmalte, o uso frequente de flúor é comumente indicado por ortodontistas. O uso diário de flúor pode corroer os fios de NiTi. O flúor acidulado provoca maior corrosão em relação ao flúor de pH neutro. Dentifrícios e enxaguantes comuns tem um bom efeito na prevenção da desmineralização, porém soluções com altas concentrações de flúor produzem melhores resultados (12).

O ambiente bucal é ideal para biodegradação de metais devido suas propriedades iônicas, térmicas, microbiológicas e enzimáticas(13, 14). A combinação dos materiais ortodônticos com a saliva, alimentos e bebidas ingeridos, variações de temperatura e forças provocadas pela mastigação torna o ambiente hostil e resulta em corrosão (15). O elemento Níquel, que é pouco biocompatível, pode então ocasionar sinais e sintomas em pacientes sensíveis a este metal. A biocompatibilidade está intimamente ligada às propriedades de corrosão(5). A

combinação dos materiais ortodônticos com a saliva, alimentos e bebidas ingeridos, variações de temperatura e forças provocadas pela mastigação torna o ambiente hostil e resulta em corrosão(15). O níquel pode causar hipersensibilidade, dermatite, asma, citotoxicidade, tem significativo potencial carcinogênico e mutagênico, e mesmo em concentrações não tóxicas induzem alterações em DNA(14).

A maioria das pesquisas sobre corrosão em fios ortodônticos de NiTi são experimentos *in vitro*. Nenhum dos estudos comparou marcas comerciais de fios ortodônticos ou avaliou sua corrosão sob ação de flúor *in vivo*. A proposição deste trabalho foi portanto avaliar através de MEV e MFA, a corrosão em duas marcas de fios ortodônticos de NiTi *in vivo*, retirados do meio bucal de indivíduos jovens, após 30 dias de uso contínuo de enxaguantes bucais contendo flúor acidulado e de pH neutro.

CONCLUSÃO GERAL

Os fios 3M pelos dados quantitativos não sofrem influência dos desafios orais diários, fato que só é observado quando esses desafios são associados ao uso do flúor acidulado. Já os fios AO também não sofrem influência dos desafios orais diários, porém a associação destes com flúor, seja ele neutro ou acidulado, aumentam sua rugosidade. Embora tenhamos observado a existência da degradação dos fios de NiTi *in vivo* com o uso de flúor, especialmente o acidulado, sugerimos estudos futuros com fios que tenham permanecido em meio bucal por tempo superior a 30 dias

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Walker MP, Ries D, Kula K, Ellis M, Fricke B. Mechanical properties and surface characterization of beta titanium and stainless steel orthodontic wire following topical fluoride treatment. *Angle Orthod.* 2007;77(2):342-8. Epub 2007/02/27.
2. Liu JK, Lee TM, Liu IH. Effect of loading force on the dissolution behavior and surface properties of nickel-titanium orthodontic archwires in artificial saliva. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;140(2):166-76. Epub 2011/08/02.
3. Abalos C, Paul A, Mendoza A, Solano E, Gil FJ. Influence of topographical features on the fluoride corrosion of Ni-Ti orthodontic archwires. *J Mater Sci Mater Med.* 2011;22(12):2813-21. Epub 2011/11/02.
4. Huang HH. Variation in surface topography of different NiTi orthodontic archwires in various commercial fluoride-containing environments. *Dent Mater.* 2007;23(1):24-33. Epub 2006/01/19.
5. Iijima M, Yuasa T, Endo K, Muguruma T, Ohno H, Mizoguchi I. Corrosion behavior of ion implanted nickel-titanium orthodontic wire in fluoride mouth rinse solutions. *Dent Mater J.* 2010;29(1):53-8. Epub 2010/04/10.
6. Lee TH, Huang TK, Lin SY, Chen LK, Chou MY, Huang HH. Corrosion resistance of different nickel-titanium archwires in acidic fluoride-containing artificial saliva. *Angle Orthod.* 2010;80(3):547-53. Epub 2010/01/07.
7. Perinetti G, Contardo L, Ceschi M, Antonioli F, Franchi L, Baccetti T, et al. Surface corrosion and fracture resistance of two nickel-titanium-based archwires induced by fluoride, pH, and thermocycling. An in vitro comparative study. *Eur J Orthod.* 2012;34(1):1-9. Epub 2010/11/03.
8. Ramalingam A, Kailasam V, Padmanabhan S, Chitharanjan A. The effect of topical fluoride agents on the physical and mechanical properties of NiTi and copper NiTi archwires. An in vivo study. *Aust Orthod J.* 2008;24(1):26-31. Epub 2008/07/25.
9. Schiff N, Boinet M, Morgon L, Lissac M, Dalard F, Grosogeat B. Galvanic corrosion between orthodontic wires and brackets in fluoride mouthwashes. *Eur J Orthod.* 2006;28(3):298-304. Epub 2006/01/24.
10. Nakagawa M, Matsuya S, Shiraishi T, Ohta M. Effect of fluoride concentration and pH on corrosion behavior of titanium for dental use. *J Dent Res.* 1999;78(9):1568-72. Epub 1999/10/08.
11. Ahn HS, Kim MJ, Seol HJ, Lee JH, Kim HI, Kwon YH. Effect of pH and temperature on orthodontic NiTi wires immersed in acidic fluoride solution. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2006;79(1):7-15. Epub 2006/02/14.
12. Alexander SA, Ripa LW. Effects of self-applied topical fluoride preparations in orthodontic patients. *Angle Orthod.* 2000;70(6):424-30. Epub 2001/01/04.

13. Barrett RD, Bishara SE, Quinn JK. Biodegradation of orthodontic appliances. Part I. Biodegradation of nickel and chromium in vitro. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1993;103(1):8-14. Epub 1993/01/01.
14. Sahoo N, Kailasam V, Padmanabhan S, Chitharanjan AB. In-vivo evaluation of salivary nickel and chromium levels in conventional and self-ligating brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;140(3):340-5. Epub 2011/09/06.
15. House K, Sernetz F, Dymock D, Sandy JR, Ireland AJ. Corrosion of orthodontic appliances--should we care? *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;133(4):584-92. Epub 2008/04/15.