



ARTIGO DE REVISÃO BIBLIOGRAFIA
MESTRADO INTEGRADO DE MEDICINA DENTARIA

**A CORROSÃO EM ARAMES ORTODÔNTICOS COM LIGAS DE
NIQUEL-TITÂNIO E AÇO**

Carlos Raul López Hernández

Orientadora

Maria Cristina Pinto Coelho Mendoça de Figueiredo Pollmann

Professora Associado da Faculdade de Medicina Dentaria da Universidade de Porto

Coorientador

Saúl Matos de Castor

Assistente Convidado

Porto, 2014

Índice

Resumo / Palavras-chave	3
Abstrac / Keywords	4
Introdução	4
Materiais e Métodos	7
Critérios de Inclusão	7
Critérios de Exclusão	7
Desenvolvimento	8
Corrosão em arames ortodônticos com ligas Níquel-Titânio e Aço	8
Passivação	8
Potencial de Corrosão	11
Tipos de Corrosão	11
Corrosão por Contacto	11
Ataque Uniforme	13
Orifícios e Fendas	13
Implicações Mecânicas da Corrosão	13
Implicação da Corrosão para a Saúde	14
Esquema de Referencias Bibliográficas	16
Discussão	17
Conclusões	19
Referencias Bibliográficas	20

Resumo.

A ortodontia contemporânea utiliza acessórios feitos de diversas ligas metálicas para o movimento nos dentes. Muitas dessas ligas utilizadas na fabricação de arames ortodônticos, são principalmente de níquel-titânio e aço, porque apresentam boas características de biocompatibilidade, dureza, baixa fricção e alta resistência a corrosão. Estes arames suportam tensões, mudanças de temperatura e ataque químico no interior da cavidade oral, e devem conseguir resistir a este ambiente agressivo. Por conseguinte, a superfície do material desempenha um papel importante, uma vez que determina a área da superfície de contacto entre os vários dispositivos. O uso clínico desses materiais em meio ambiente bucal condiciona múltiplas reações, químicas, físicas e eletroquímicas. Daí resultam processos de corrosão e consequente libertação de substâncias produtos dessas reações, que para além de poderem ser nocivas para a saúde, poderão comprometer as características do material. Estes processos têm interessado os clínicos desde há muitos anos, daí surgem duas questões principais: quais são os efeitos da absorção desses produtos? Quais são os efeitos sob as propriedades físicas desses materiais?

O propósito desta revisão bibliográfica foi considerar a literatura desde o ano 2000 até 2013 para assim conhecer melhor quais os fatores que podem influenciar na corrosão nos arames de níquel-titânio e aço. Foi efetuada uma pesquisa bibliográfica, nas línguas portuguesa e inglesa, nos motores de busca "ScienceDirect", "Google Scholar", "Scopus", "Thomson Reuters (ISI) - Web of Science" and "PUBMED - Base referencial". Embora a corrosão ocorra, ela não parece resultar na destruição significativa dos componentes metálicos ou nem têm efeitos prejudiciais significativos sobre as propriedades mecânicas. A literatura sugere que os iões metálicos são libertados durante o tratamento, mas o nível é muito inferior do que o ingerido em uma dieta de rotina. Alguns pacientes podem demonstrar hipersensibilidade ao níquel, quando são expostos a estas ligas, mais o impacto da corrosão sob a saúde de nossos pacientes não parece ser um processo que deva causar preocupação.

Palavras-chave:

Ortodontia, arames, corrosão, fluor, biodegradação, pH, rugosidade, citotoxicidade, galvanismo.

Abstract

In contemporary orthodontics are based in several accessories made of metal alloys to achieve the tooth movement. Many of these alloys are used in the manufacture of orthodontic wires, especially nickel-titanium and steel, because they have biocompatibility, hardness, low friction and high corrosion resistance. These wires must withstand stresses; changes temperature and chemical attack within the oral cavity, and must withstand this hostile environment. Therefore, the surface of the material plays an important role since it determines the surface area of contact. The clinical use of these materials in the oral environment affects multiple reactions, chemical, physical and electrochemical. This results in corrosion processes and consequent release of substances products of these reactions, which in addition they can be harmful to health, may compromise the material's characteristics. Those processes has interested clinicians for many years, there arise the main questioners: What are the effects of the absorption of these products? What are the effects on the physical properties of these materials?

The purpose of this literature review was to consider the literature from 2000 to 2013, so as to better understand what factors may influence the corrosion on the wires of nickel-titanium and stainless steel, used in orthodontic treatments. For this review a literature search was performed in the Portuguese and English languages, in the search engines "ScienceDirect", "Google Scholar", "Scopus", "Thomson Reuters (ISI) - Web of Science" and "PUBMED - Base referential". Although corrosion occurs, it does not appear to result in significant destruction of metal components or have significant detrimental effects on the mechanical properties. The literature suggests that metal ions are released during treatment, the level is much lower than that consumed on a routine diet. Some patients may show hypersensitivity to nickel when exposed to these alloys, but the impact of corrosion on the health of our patients does not seem to be a process that should cause concern.

Keywords:

Orthodontics, wires, corrosion, flúor, biodegradation, pH, roughness, cytotoxicity, galvanic.

Introdução.

Em todo o mundo existem regulamentos para o controlo de qualidade dos produtos usados pelos profissionais de saúde, juntamente com o impacto que podem causar ao meio ambiente. Embora estes regimes de controlo difiram de país para país, a existência de regras é um fator positivo para a certificação de produtos assim como para a segurança dos clientes. A maioria das ligas metálicas utilizadas para a fabricação dos arcos ortodônticos são aço inoxidável (SS) e Níquel-Titânio (Ni-Ti). Nem sempre, a composição exata e as propriedades desses materiais está especificada nas embalagens e não é disponibilizada pelos fabricantes. Os problemas de biocompatibilidade e os riscos potenciais para a saúde de nossos pacientes, são uma preocupação para os clínicos.

Durante o tratamento ortodôntico, estes dispositivos são expostos ao ambiente da cavidade oral, sede de ataques orgânicos e inorgânicos que se geram constantemente sobre a sua superfície e sobre a sua estrutura. Um dos requisitos da biocompatibilidade é a resistência de um material à degradação dos seus componentes, ou seja resistência à corrosão. Esta é definida como o efeito de reações químicas indesejáveis sobre a estrutura e as propriedades dos metais, neste caso, as ligas de fios ortodônticos. Fatores tais como a temperatura, a qualidade e quantidade de saliva, a placa dentária, o pH, as propriedades físicas e químicas das refeições sólidas e líquidas podem influenciar o processo de corrosão. Nomeadamente, os ambientes orais em condições ácidas e/ou iônicas podem acelerar os processos de corrosão dos metais, por conseguinte, por exemplo uma dieta regular rica em cloreto de sódio e ácido carbônico, entre outros, proporciona um fornecimento frequente de agentes corrosivos.

Os fabricantes estão conscientes da suscetibilidade das ligas utilizadas em ortodontia para as várias formas de corrosão, e tem havido progressos de produção que levaram a medidas para combater este processo potencialmente destrutivo.

Uma dos procedimentos é a adição de certos metais que podem reduzir a suscetibilidade à corrosão de uma liga metálica, utilizado por exemplo, na produção de níquel titânio (Ni-Ti) ortodôntica e de aço inoxidável (SS). A elevada resistência à corrosão dos arcos de Ni-Ti é devida à grande quantidade de titânio, especificamente de 48% a 54%. No caso de ligas de aço inoxidável é a adição de crómio e de níquel que confere a melhoria da resistência à corrosão.

Outro método utilizado durante a fabricação, para reduzir a corrosão do metal em meio oral, é adicionar um produto inibidor de corrosão numa solução onde o material é colocado, num processo industrial que resulta na formação de uma camada revestimento (protetora). Um efeito semelhante pode também ocorrer no ambiente oral, com determinadas proteínas salivares, tais como a amilase e

a globulina induzindo a formação de um biofilme, que atua como um inibidor de corrosão.

Em geral, os arcos são constantemente expostos a diferentes fatores de *stress* que existem dentro da cavidade oral, e o objetivo desta revisão da literatura é avaliar alguns fatores que influenciam o processo de corrosão nestas ligas (SS, Ni-Ti), verificar se causam efeitos negativos sobre as propriedades físicas e mecânicas destes materiais, bem como conhecer os riscos potenciais para a saúde.

Materiais e Métodos.

Para a realização deste trabalho foi realizada uma revisão retrospectiva da literatura, ao longo dos últimos 16 anos (desde 1998 até dezembro 2013), sobre o processo de corrosão em ligas de fio ortodôntico de níquel-titânio e aço inoxidável, nas línguas portuguesa e inglesa e com os motores de busca "ScienceDirect", "Google Scholar", "Scopus", "Thomson Reuters (ISI) - Web of Science" e "PUBMED I". Para um total de 17 itens selecionados e analisados, de acordo com os critérios de inclusão, usaram-se as seguintes palavras-chave: ortodontia, arames, corrosão, de flúor, biodegradação, pH, rugosidade, citotoxicidade, galvânicas.

Critérios de inclusão:

Artigos publicados entre janeiro de 1998 e dezembro de 2013.

Artigos sobre a corrosão das ligas ortodônticas em arcos de níquel-titânio e aço inoxidável.

Artigos sobre corrosão pelo flúor.

Artigos sobre biodegradação.

Artigos sobre influência do pH na corrosão de metal.

Artigos sobre a rugosidade da superfície dos arcos de níquel-titânio e aço inoxidável.

Artigos sobre a citotoxicidade da corrosão de ligas de níquel-titânio e aço inoxidável.

Artigos sobre potencial iônico.

Critérios de exclusão:

Artigos provenientes revistas não-indexadas.

Artigos cuja metodologia seja questionável.

Corrosão em outras ligas usada na fabricação de arcos ortodônticos.

Corrosão causada por fatores diferentes dos discutidos acima.

Desenvolvimento

Corrosão em arames ortodônticos com ligas de Níquel - Titânio e aço.

Os diversos aparelhos de ortodontia contêm ligas de cromo (Cr), cobalto (Co), níquel (Ni) e titânio (Ti). A cavidade oral é, particularmente, ideal para a biodegradação de metais devido ao seu potencial iônico, condições térmicas, flora microbiana e propriedades enzimáticas. O paciente fica potencialmente exposto à degradação daqueles materiais e respectivos produtos de corrosão.

[1]

O desgaste dos aparelhos de ortodontia em ambiente oral é um tema que tem suscitado interesse entre os vários clínicos. Este assunto centra-se em duas questões principais: (1) quais são os efeitos da absorção destes produtos? e (2) quais são os efeitos sobre as propriedades físicas destes materiais? [2]

O desgaste dos metais produz-se a partir da perda de iões diretamente na solução ou pela dissolução progressiva da película que cobre a superfície do material, geralmente um óxido ou um sulfato. Alguns metais são nobres e praticamente inertes, por exemplo, ouro (Au) e platina (Pt), contudo este não é o caso dos metais vulgarmente utilizados na ortodontia. [2]

Passivação

O fenómeno principal que provoca a erosão da superfície dos arames é um fluxo elétrico massivo que se deve às diferenças de composição química entre as peças implicadas (a corrosão é um fenómeno eletroquímico). Quando existe uma diferença de potenciais entre dois pontos, num meio condutor (saliva), estabelece-se uma corrente de eletrões. Quando os eletrões se transferem de um composto químico para outro, diz-se que a espécie que os emite comporta-se como um ânodo, e nela verifica-se a oxidação. Aquela que os recebe comporta-se como um cátodo e nela observa-se a redução. Essencialmente, o desgaste nos arcos de ortodontia produz-se a partir de duas reações simultâneas: a oxidação e a redução (redox). A oxidação (anódica) e a redução (catódica). Este processo de erosão continuará até que o metal se consuma totalmente, a menos que se possa formar uma capa superficial que acaba por funcionar como proteção (passivação), ou até que o reativo se dissipe (por

exemplo, esgotamento de oxigénio dissolvido na solução). O nível de corrosão de qualquer metal depende da composição química do dissolvente em que está imerso. **[2, 3]**

A passivação entende-se como a formação de uma película relativamente inerte sobre a superfície de um material (frequentemente um metal), que o protege contra a ação de agentes externos. Esta não deve ser confundida com a imunidade, na qual o metal é por si mesmo resistente à ação dos meios corrosivos, por exemplo o Au e o Pt, que não se oxidam facilmente e é por isso que se denominam de metais nobres. **[3]**

Em muitos casos, a formação desta película passiva é espontânea quando o metal entra em contacto com o agente externo. Por outro lado, a formação de uma película passiva não se limita à oxidação de um metal base. Há casos onde a película passiva se forma por fenómenos de redução. Nestes casos pode ser resultante da redução eletroquímica de algum óxido ou sulfato. **[3]**

A corrosão do metal pode ser alterada pelo uso de elementos passivos ou mediante a recobertura do metal. A passivação do aço obtém-se mediante a junção de 12% a 20% de Crómio (Cr), que forma uma capa superficial cromo-óxido. **[2, 3]**

O aço inoxidável em ligas com Cr-Co (Crómio e cobalto) e Titânio (Ti), são utilizadas na confeção de arcos de ortodontia, e na sua fabricação há formação de uma película superficial de óxido passiva para resistir à corrosão. Esta capa protetora não é infalível, senão que é susceptível à rutura mecânica e química. Mesmo sem interrupção da mesma, há ocasiões em que o óxido se dissolve progressivamente, e o interior do metal fica exposto ao oxigénio do ar ou meio circundante. Muitos estudos laboratoriais têm demonstrado que um ambiente fluoretado-ácido aumenta a susceptibilidade da corrosão de certos metais, especialmente o Ti. **[2, 4]**

O comportamento corrosivo com baixa corrosão das ligas de Níquel/titânio (NiTi) tem sido atribuído à capa de passiva estável que este possui, composto principalmente de Ti e oxigénio. As propriedades da película protetora de óxido de titânio desempenham um papel importante na resistência ao desgaste num

ambiente agressivo, como é o caso do meio oral. As propriedades superficiais do NiTi dependem de forma muito crítica do procedimento utilizado para a preparação da sua superfície. [5, 6]

No uso ortodôntico, os arcos de NiTi estão sujeitos a pressão e deformação no movimento dos dentes. Estas forças e a deformação podem induzir ao deterioramento da película superficial do arame e por consequência a perda de proteção. Isto permite que o metal reaja diretamente com o meio ambiente circundante.[7]

O NiTi tem uma capacidade limitada de repassivação, o que pode permitir a libertação de iões na cavidade oral. Infelizmente são poucas as publicações que se associam com o comportamento do material perante a tensão mecânica. O papel daquela película de oxido, quando os arcos são submetidos à tensão mecânica é ainda incerto, no que diz respeito à libertação de Ni.[7]

A resistência à corrosão das ligas utilizadas em arcos de ortodontia depende do meio ambiente oral, que é influenciado por vários tipos de variáveis, tais como a temperatura, a quantidade e qualidade da saliva, a placa, pH, substâncias químicas, propriedades dos alimentos sólidos/líquidos.[8]

A temperatura pode afetar o comportamento da corrosão dos materiais de diferentes formas. O corpo tem uma temperatura de 37° C, que pode acelerar as reações eletroquímicas e inclusivamente pode alterar o mecanismo de erosão a partir daquela que já se produziu à temperatura ambiente. Para além disto os arcos de ortodontia estão ainda sujeitos a variações térmicas, distintamente a outras partes do corpo. Um exemplo disso é comer gelados ou simplesmente tomar um café bem quente.[8]

Até à data, poucos estudos têm investigado o efeito da temperatura no comportamento da corrosão sobre os arcos de NiTi e aço inoxidável (SS) em saliva artificial, mas vários autores têm demonstrado que as variações de temperatura podem afetar a resistência destas ligas á corrosão.[8]

Potencial de Corrosão.

As ligas de NiTi e SS estão sujeitas a passar por um processo de dissolução dos metais, provocada por diferenças microscópicas e eletroquímicas que se dá usualmente na relação entre as ligas dos metais. Quando duas ou mais ligas metálicas se rejeitam e entram em contacto simultâneo com os fluídos orais, as diferenças entre as suas potencialidades de corrosão resultam numa corrente eléctrica entre elas, ocorrendo assim uma corrosão galvânica, que se caracteriza pela libertação de iões metálicos, conhecido como potencial de corrosão. Onde o elemento mais eletropositivo corrói perfeitamente. Estas células galvânicas também se podem criar noutras circunstâncias, como a diminuição do pH, as diferenças no acabamento superficial (rugosidade). Em ortodontia, pode-se produzir corrosão galvânica quando os diferentes metais se contactam, como o caso dos arcos em contacto com os brackets, num meio húmido que é a saliva.[2, 3, 10]

Se a ambiente húmido se somar um ambiente ácido (cavidade oral) e a presença de iões fluorados (colutórios) parece diminuir a resistência ao desgaste de certos materiais, particularmente nas ligas de NiTi e SS, poderá diminuir. Por isso é importantíssimo o conhecimento destes efeitos adversos que podem surgir quando se recomenda o uso regular dos produtos que contém Flúor (gel e colutórios, com a finalidade em ajudar a prevenir as cáries), durante o decurso do tratamento de ortodontia.[10]

Tipos de Corrosão.

Corrosão por Contacto.

Outra forma de corrosão produz-se nas áreas de contacto de metal sujeito a cargas. Um exemplo de ortodontia é a interface do arco com a ranhura (*slot*) do *bracket*. Durante a aplicação de uma carga, os dois metais submetem-se a um processo de fricção entre eles. A aplicação contínua da força neste tipo de interface faz com que se alterem as capas protetoras da superfície e deixando os metais constituintes da peça mais susceptíveis à corrosão, este processo é conhecido como Corrosão por contacto.[2]

Sempre que um arco se coloca nos brackets, a reatividade dos metais aumenta nos sítios onde se produz *stress* devido à carga submetida, por isso denomina-se corrosão por tensão. No entanto, também um potencial eletroquímico pode ser criado ao longo do arame, com alguns sítios que atuam como ânodos, e outros como cátodos, facilitando assim a corrosão.[2]

As ligas de NiTi têm propriedades super-elásticas que resistem mais à deformação permanente do que os arames de SS. Os arcos super-elásticos de NiTi possuem uma curva de desativação horizontal que lhes permitem transmitir uma força relativamente constante numa ampla classe de deflexão. Por essa razão converteu-se numa ferramenta imprescindível na terapia de ortodontia, em particular na fase inicial de nivelamento e alinhamento.[11]

A maioria dos estudos sobre as propriedades corrosivas dos arcos usados na ortodontia, têm sido levadas a cabo na ausência de *stress*, apesar de não coincidir com a situação clínica da forma como os arcos são usados. No laboratório é difícil recriar condições idênticas no meio oral e são poucos os estudos que têm investigado o efeito do *stress* sobre o desgaste dos arcos Ni-Ti.[11]

Os metais têm, geralmente, uma maior tendência à fratura quando estão sob *stress* (fadiga). Este fenómeno acelera-se se a liga também está exposta a um meio corrosivo, o que se denomina de fadiga por corrosão. Por exemplo, pode-se produzir fadiga por corrosão quando os arames de ortodontia permanecem no meio oral por longos períodos, em baixa carga.[2, 7, 11]

Esta fadiga também pode produzir perda de continuidade na sua superfície dos arames, conhecida como rugosidade, que pode afetar o desempenho na mecânica e isto condicionar o coeficiente de fricção. Este coeficiente pode afetar 50% ou mais das forças ortodônticas.[9]

A principal técnica para a determinação de rugosidades na superfície é perfilometria de superfície, em que se utiliza uma agulha fina para, numa só linha, inspecionar uma área pré-selecionada. Os inconvenientes deste método são que os defeitos adjacentes à superfície da linha de exploração não se medem, e estes defeitos não contribuem na medida global da rugosidade. Para

além disto e o carácter invasivo desta técnica poderá estragar a superfície durante a exploração. Há outras alternativas não destrutivas e não invasivas, baseadas em métodos ópticos, e que são úteis nomeadamente o Scanning Tunelling Microscopy, recentemente desenvolvido.[9]

A rugosidade da superfície do arco é uma propriedade que deve ser tomada em conta. Para além da grande influência que tem sobre a mecânica e o deslizamento, a rugosidade também contribui para a estética dos produtos dentários, assim como influencia o comportamento da corrosão e biocompatibilidade.[2, 9]

Ataque Uniforme.

Outra forma mais comum de desgaste, e que afeita a todos os metais mas a ritmos diferente e o ataque uniforme. Nesta forma o metal sofre uma reação redox com o meio ambiente e pode passar despercebida até que se veja o metal afetado.[2]

Orifícios e Fendas.

Também na superfície dos arcos de ortodontia, podem existir orifícios e fendas, já que estes não são perfeitamente lisos (a nível microscópico podem exibir muitos orifícios e ranhuras). Crê-se que estas características aumentam a susceptibilidade à corrosão devido à sua capacidade para albergar a formação de placa bacteriana. Estes micro-organismos podem causar uma redução localizada do pH e do esgotamento do oxigénio, que por sua vez afeita o processo de passivação.[2]

Implicações mecânicas da corrosão.

A perda de forças ortodônticas por fricção depende de um grande número de variáveis (todas mecânicas, sem descartar os brackets que se utilizam), mas por cima de todas as variáveis, os arcos são os fatores dominantes.[9]

Diferentes trabalhos experimentais laboratoriais indicam que a quantidade da estrutura perdida nos arcos é baixa. Esta condição modifica-se com a incorporação de variáveis diferentes, como por exemplo o pH. A quantidade de perda de estrutura por corrosão aumenta com a diminuição dos valores de pH no meio. As ligas de Ni-Ti e SS experimentam mudanças na sua estrutura

aproximadamente pelo valor de pH de 6,0. A acidificação da saliva pode acelerar a velocidade da corrosão dos arcos que, por sua vez, também está associada com as características da microestrutura e eletroquímicos do material.[2, 8, 12]

Apesar de existir um processo corrosivo dos arcos de ortodontia (NiTi e SS), este não parece resultar na destruição significativa dos componentes metálicos ou ter efeitos prejudiciais significativos sobre as propriedades mecânicas.[2, 13]

Implicação da corrosão para a saúde

Os arcos usados em ortodontia diferem de outras ligas de uso médico que contêm níquel, já que não se implantam dentro do organismo, mas sim num ambiente oral. Estes dispositivos não parecem estar numa relação tão íntima com os tecidos corporais, mas o ambiente oral é considerado hostil e potencialmente corrosivo. Não tem havido muita pesquisa sobre se os níveis detetáveis de Ni que se libertam durante o tratamento de ortodontia e, em particular, se o Ni libertado é detetável na saliva e/ou no soro, tem efeito sobre a saúde.[2, 13]

O Níquel (Ni) é conhecido como um hapteno que pode unir-se às proteínas e formar antígenos completos. Os haptenos são substâncias de baixo peso molecular que formam ligações covalentes com proteínas transportadoras e outras macromoléculas. A molécula resultante é considerada pelo organismo como estranha e atua como antígeno na indução da formação de anticorpos. Contudo o Ni tem de ser libertado das ligas para ser capaz de atuar como um hapteno. [4]

Sugeriu-se que o Ni possa ter efeitos cancerígenos, mutagénicos, citotóxicos e alérgicos, pelo que se compreende o interesse crescente para dar a conhecer possíveis efeitos adversos e reações ao Ni, e possíveis perigos para os pacientes.[2, 13]

A dermatite e a urticária são alguns dos sintomas que se podem encontrar quando existe hipersensibilidade ao Ni e a exposição a este e é um dos motivos para a crescente preocupação entre os dentistas.[5]

Na Europa a prevalência das reações alérgicas ao Ni é de 10-15% para as mulheres adultas e 1-3% para os homens adultos. Nos adultos com dermatite de contacto ao NiTi, entre 40 a 70% desenvolve dermatite nas mãos, que se pode manifestar de forma aguda ou crónica. **[6]**

A literatura sugere que a quantidade de iões metálicos que se libertam durante o tratamento de ortodontia é muito menor do que se ingere diariamente na alimentação. Alguns pacientes podem demonstrar hipersensibilidade ao Ni, quando são expostos as ligas que o contêm. Mas esta relação não é, de todo, clara. Há até indícios que revelam que o tratamento de ortodontia poderá melhorar a tolerância do sistema imunitário ao Ni, em pessoas sensíveis.**[2, 13]**

Esquema de Referencias Bibliográficas

Título/Autor	NiTi	SS	Fluor	BD	pH	RG	CT	PI
In Vitro Evaluations electrochemical... SS and Ni... Pakshir et al. American Journal of Orthodontics 2013.	X	X		X	X	X		X
Influence of microstructure.... Corrosion... Briceno et al. Elsevier 2013.	X					X	X	
Structur and corrosion resistance... Shanaghi A et al. Elsevier 2013.	X			X		X		
Surface corrosion... fluoride, ph... Perinetti G et al. American Journal of Orthodontics 2012.	X		X		X	X		
Metallic released.... Toxicity Ortiz A.J et al. American Journal of Orthodontics 2011.	X	X		X			X	
Effect of loading surface propieties Liu J-K et al. American Jouornal of Orthodontics 2011.	X			X		X		X
Variations... different electroluyte solution KaoC-T et al. European Journal of Orthodontics 2010.	X	X	X		X	X		X
Morphological characterizations... Daems J et al. European Journal of Orthodontics 2009.		X		X		X		
Influence of stress and phase on corrosion... Segal N et al. American Journal of Orthodontic 2009.	X					X		
Corrosion... Should we care? House K et al. American Journal of Orthodontic 2006.	X	X		X	X	X	X	X
Calvanic corrosion.... Fluoride mouthwashes. Schiff N et al. European Journal of Orthodontic 2006.	X	X	X		X	X		X
Corrosion behavior... rtificial saliva Li et al. Elsevier 2006.	X	X		X	X			X
Ion release.... Oh et al. European Journal of Orthodontic 2005.		X					X	
Influnence of fluoride mouthwashes... Schiff et al. Elsevier 2004.	X	X	X					
...in vitro corrosion Marget Rosa Grimsdottir et al. American Journal of Orthodontic 2002.	X	X					X	
Biodegradation.... Robert D. Barret et al. American Journal of Orthodontic 2000.	X	X		X				
Surface roughness... Bourauel et al. European Journal of Orthodontic 1998.	X	X				X		

Legenda: NiTi: Níquel-Titânio, SS: Aço inoxidável, BD: Biodegradação, RG: Rugosidade, CT: Citotoxicidade, PI: Potencial iónico.

Discussão

Na presente monografia realizou uma revisão acerca dos fatores mais importantes que estão presentes no processo de corrosão nos arcos de uso ortodôntico, em ligas de NiTi e SS, com o fim de dar a conhecer um pouco mais como são afetados estes materiais durante o processo corrosivo, explicando o conjunto de reações químicas e eletroquímicas que aí se sucedem.

As irregularidades na superfície já foram observadas por Brantley (2000) e assumiu que entre outros fatores estas podem derivar-se do processo de fabricação. No seu estudo encontrou que a superfície do material apresentou irregularidades ou rugosidades na solução de pH 4. O tratamento com ácido faz com que o arame se torne mais frágil sob *stress*.**[14]**

Eliades e Athanasiou (2002), concluíam que a biocompatibilidade de um material está relacionada com as características da película passiva presente na superfície dos arcos. O Cr (cromio) presente no SS forma uma fina e aderente capa que proporciona resistência à corrosão mediante o bloqueio da difusão de oxigénio ao composto. Li et al. (2006), descreveram que é preciso um mínimo de 12% de Cr para conseguir necessária a resistência à corrosão. Este fator é de vital importância para o comportamento biológico dos materiais. As alterações da capa passiva tornam o material mais propenso ao desgaste. Qualquer alteração na capa passiva dos arcos de NiTi e SS pode modificar o seu comportamento perante a corrosão.**[15]**

Para Hunt et al (1999) e Geurtsen (2002), a corrosão contribui para a libertação de substâncias - iões metálicos na cavidade oral. Estes iões podem ser distribuídos localmente e/ou sistemicamente e poderão ter um papel importante na etiologia de patologia oral e/ou sistémica. Os iões libertados pelas ligas de SS são principalmente ferro (Fe), Ni e Cr. Para Ah e Kim (2005) estes três elementos podem ter efeitos adversos, e o níquel tem recebido uma maior atenção devido ao seu potencial para produzir afeitos alérgicos e mutagénico.**[15]**

Num estudo ao vivo com análises clínicas e histológica realizado por Gursoy et al (2007) demonstrou que a liberação de doses baixas de Ni ($1,3 \mu\text{g}$ de tecido) dos aparelhos de ortodontia, poderia ser considerado fator desencadeador de gengivite. Ermolli et al (2001) ressaltou a importância do Ni lançado a partir de um aparelho fixo na boca, que pode ir até 40 mg/ dia. A liberação de Ni através da corrosão da superfície deve evitar-se ou pelo menos reduzir-se ao mínimo, em situações clínicas.**[16]**

Durante o tratamento é muito mais complicado realizar uma higiene correta da cavidade oral devido à presença de aparelhos. Por essa razão, os ortodontistas recomendam aos seus pacientes o uso regular de colutórios fluoretados, para assim diminuir o risco de contrair lesões derivadas da deficiente higiene oral. Boere (1995, Toumelin-Chemla et al (1996), Reclru e Meyer (1998), Nakagawa et al (1999, 2001), Fernández Lorenzo de Mele e Cortizo (2000) e Schiff et al (2002, 2004, 2005) referiram que é importante recomendar o uso regular de produtos que contêm fluoretos, em gel e o bochecho durante o tratamento de ortodontia tem como fim ajudar a prevenir as caries.**[10]**

Schiff N, Grosogeat B, Lissac M, Dalard F. (2002) concluíram que o uso de substância com Flúor diminui a resistência à corrosão dos arcos.**[17]** Realmente, não se podem negar as excelentes capacidades terapêuticas que têm os colutórios orais com fluor na prevenção das caries, mas devemos ter em conta que estes interferem com as propriedades eletroquímicas dos arames de ortodontia, com possíveis repercussões nas suas propriedades mecânicas, tendo ainda como resultado a liberação de íons de níquel e potencialmente provocando alergias no organismo.

Conclusões

- 1.** As novas ligas usadas na fabricação de arcos de ortodontia e a incorporação de uma película superficial possibilitaram a redução da corrosão. Os arcos de aço e NiTi, durante o tratamento ortodôntico têm uma perda reduzida da sua estrutura e mantêm um nível aceitável das suas propriedades mecânicas.
- 2.** Atualmente, a fabricação destes materiais (NiTi e SS) inclui superfícies lisas e preparadas para resistir aos ataques produzidos no meio ambiente oral. Estas superfícies estão expostas à formação de rugosidades e/ou fendas que podem surgir devido às forças a que estão submetidas.
- 3.** O excesso de tensão impede o processo de repassivação, favorecendo a perda de continuidade da superfície, o que permite a acumulação de colônias com micro-organismos que modificam o pH da zona, deixando exposto o interior do metal e favorecendo assim o processo de corrosão.
- 4.** O pH oral e as suas modificações influenciam diretamente o processo corrosivo dos arcos, podendo comprometer as capacidades mecânicas dos mesmos.
- 5.** A temperatura na cavidade oral influencia o processo corrosivo e as suas variações podem acelerar ou retardar este fenómeno.
- 6.** O potencial de libertação intraoral de iões das ligas metálicas usadas na ortodontia (NiTi e SS) é baixo.
- 7.** A citotoxicidade dos arcos de ortodontia baseia-se praticamente no seu componente de Ni, pela possível reação de hipersensibilidade por exposição que possa causar ao paciente.
- 8.** O uso de colutórios em qualquer uma das suas apresentações diminui a resistência do material à corrosão.

Referencias Bibliográficas.

1. Robert D. Barrett, D., MS, B. Samir E. Bishara, D. Ortho, DDS, MS, and B. Janice K. Quinn, *Biodegradation of orthodontic appliances. Biodegradation of nickel and chromium in vitro*. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, January 2000. **103**(1): p. 8-14.
2. House, K., et al., *Corrosion of Orthodontic appliance-should we care?* American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, April 2008. **133**(4): p. 584-592.
3. Shanaghi, A., et al., *Structur and corrosion resistance of Ni/TiC coating fabricated by plasma immersion ion implantation and deposition on nickel-titanium*. Elsevier, 2013. **229**: p. 151-155.
4. Ortiz, A.J., et al., *Metallic released from stainless steel, nickel-free and titanium orthodontics alloyes: Toxicity and DNA damage*. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, September 2011. **140**(3): p. 115-122.
5. Marget Rosa Grimsdottir, C.O., MS, D.O. Nils R. Gjerdet, and D.O. Arne Hensten-Pettersen, *COMposition and in vitro corrosion of orthodontic appliance*. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 2002. **134**(6): p. 525-532.
6. Briceno, J., et al., *Influence of the microstructure on electrochemical corrosion and nickel release in NiTi orthodontic archwires*. Elsevier, 2013. **c33**: p. 4989-4993.
7. Liu, J.-K., T.-M. Lee, and I.-H. Liu, *Effect of loading force on the dissolution behavior and surface properties of nickel titanium orthodontic archewire in artificial saliva*. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, August 2011. **140**(2): p. 166-176.
8. Pakshir, M., T. Bagheri, and M.R. Kazemi, *In vitro evaluation of the electrochemical behaviour of stainless steel and Ni-Ti orthodontic archwires at different temperatures*. European Journal of Orthodontics, 2013. **35**: p. 407-413.
9. Bourauel, C., et al., *Surface roughness of orthodontics wires via atomic force cicroscopy, laser specular reflectance and profilometry*. European Journal of Orthodontics, 1998. **20**: p. 79-92.
10. Schiff, N., et al., *Galvanic corrosion between orthodontic wires and brackets in fluoride mouthwashes*. European Journal of Orthodontics, 2006. **28**: p. 298-304.
11. Segal, N., J. Hell, and D.W. Berzins, *Influence of stress and phase on corrosion of a superelastic nichel-titanium orthodontic wire*. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, June 2009. **135**(6): p. 764-770.
12. Li, M.G., et al., *Corrosion behavior of the lazer-brazed joint of NiTi shape memory alloy and stainless steel in artificial saliva*. Elsevier, August 2006. **A441**: p. 271-277.
13. Oh, K.-T. and K.-N. Kim, *Ion release and cytotoxicity of stainless steel wires*. European Journal of Orthodontics, 2005. **27**: p. 533-540.

14. Kao, C.-t. and T.-H. Huang, *Variations in surface characteristics and corrosion behaviour of metal brackets and wires in different electrolyte solutions*. European Journal of Orthodontics, 2010. **32**: p. 555-560.
15. Daems, J., J.-P. Celis, and G. Willems, *Morphological characterization of as-received and in vivo orthodontic stainless steel archwires*. European Journal of Orthodontics, 2009. **31**: p. 260-265.
16. Perinetti, G., et al., *Surface corrosion and fracture resistance of two nickel-titanium-based archwire induced by fluoride, pH, and thermocycling. an in vitro comparative study*. European Journal of Orthodontics, 2012. **34**: p. 1-9.
17. Schiff, N., et al., *Influence of fluoridated mouthwashes on corrosion resistance of orthodontics wires*. Elsevier, 2004. **25**: p. 4535-4542.

ANEXOS

A

DECLARAÇÃO

Monografia de Investigação/Relatório de Atividade Clínica

Declaro que o presente trabalho, no âmbito da Monografia de Investigação/Relatório de Atividade Clínica, integrado no MIMD, da FMDUP, é da minha autoria e todas as fontes foram devidamente referenciadas.

24,05,2014

Carlos Paulo Jorge Almeida
O/A investigador(a)

PARECER
(Entrega do trabalho final de Monografia)

✱

Informo que o Trabalho de Monografia desenvolvido pelo(a)
Estudante Carlos Raúl López Almeida
com o título A corrosão em Alamos Ortodônticos com ligas Niquel/Titânio e ASO.
está de acordo com as regras estipuladas na FMDUP, foi por mim conferido e
encontra-se em condições de ser apresentado em provas públicas.

23/05/14

O(A) Orientador(a)

Dania Cristina Figueiredo Poluani