



**INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ**

**MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA**

**COMPARAÇÃO DA QUALIDADE DE VIDA DO PACIENTE, REABSORÇÃO  
RADICULAR, HIGIENE ORAL E IMPACTO NO PERIODONTO UTILIZANDO  
ALINHADORES VS. APARELHO FIXO CONVENCIONAL – REVISÃO  
BIBLIOGRÁFICA**

Trabalho submetido por  
**Carolina Serra Pereira**  
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

**2020**





**INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
EGAS MONIZ**

**MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA**

**COMPARAÇÃO DA QUALIDADE DE VIDA DO PACIENTE, REABSORÇÃO  
RADICULAR, HIGIENE ORAL E IMPACTO NO PERIODONTO UTILIZANDO  
ALINHADORES VS. APARELHO FIXO CONVENCIONAL – REVISÃO  
BIBLIOGRÁFICA**

Trabalho submetido por  
**Carolina Serra Pereira**  
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por  
**Prof. Doutora Teresa Sobral Costa**

**2020**



## **Dedicatória**

*Aos meus pais, por todo o esforço que fizeram para que  
pudesse concretizar o meu sonho*



## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar, quero agradecer à Prof. Doutora Teresa Sobral Costa, minha orientadora neste projeto, pela sua total disponibilidade e ajuda que me prestou desde o início. Agradeço por todas as críticas construtivas que me sugeriu, ao longo do percurso, de forma a que conseguisse concluir este projeto da melhor forma. Levo-a como exemplo de uma profissional dedicada, em constante busca de conhecimento.

Ao Instituto Universitário Egas Moniz e a todos os professores que contribuíram para o meu percurso, por serem a minha segunda casa durante estes 5 anos e por me terem dado a oportunidade de ter uma formação de excelência e de conhecer pessoas incríveis que tornaram esta etapa ainda mais especial e inesquecível.

Aos meus pais, por todo o apoio que me deram durante estes 5 anos, por me incentivarem e alimentarem sempre os meus sonhos, nunca me deixando desistir e fazendo com que pense sempre em atingir objetivos cada vez maiores. Sem o vosso apoio nada teria sido possível.

Ao meu namorado e amigo, Gonçalo, agradeço por cruzar o meu caminho e torná-lo incrivelmente melhor. Por toda a compreensão e paciência que demonstrou em todos os momentos, principalmente nas fases mais difíceis em que sempre me apoiou e incentivou.

À minha amiga e colega de box, Patrícia Lyra, agradeço pela amizade e companheirismo que partilhámos desde o início deste percurso. Fará sempre parte das melhores memórias que levo deste capítulo. Tornou-se muito mais que uma amiga, ao ocupar o lugar de uma irmã que nunca tive.

Aos meus amigos Margarida Ramos, Carolina Lopes, João Geraldês, Miguel Alves, Carlota Simões e Carolina Tavares, por todas as horas que partilhamos, por estarem sempre lá para mim e por me ensinarem, dia após dia, a ser uma pessoa melhor. Levo-vos comigo para a vida e como uma das melhores recordações dos tempos de faculdade.



## **Resumo**

O tratamento ortodôntico é, hoje em dia, muito comum na nossa sociedade. A crescente preocupação da população com a estética reflete-se na procura de um tratamento cada vez mais confortável e estético. Assim, os alinhadores tornam-se uma opção alternativa a outras técnicas fixas.

Esta revisão bibliográfica aborda os vários efeitos secundários dos aparelhos fixos versus alinhadores. O impacto na qualidade de vida, a reabsorção radicular externa (RRE) e as possíveis alterações no estado periodontal serão os efeitos secundários abordados, uma vez que a sua incidência e severidade varia consoante o tipo de aparatologia utilizada.

Conduziu-se uma pesquisa bibliográfica utilizando os motores de busca Medline/Pubmed/GoogleScholar e inserindo as palavras-chave: alinhadores, aparelho fixo convencional, reabsorção radicular, impacto na qualidade de vida e estado periodontal. Selecionaram-se artigos em inglês, português e espanhol, publicados entre 2005 a 2020. Adicionalmente, para a pesquisa relacionada com a história da ortodontia, utilizaram-se artigos clássicos, anteriormente publicados.

Concluiu-se, com este trabalho, que o impacto na qualidade de vida do paciente no tratamento ortodôntico com alinhadores é mínimo, e tal deve-se ao facto dos alinhadores produzirem forças intermitentes e de menor magnitude, provocando menor dor. Os alinhadores, sendo mais estéticos, produzem menor ansiedade no paciente. Existe também uma menor RRE com o recurso a alinhadores, quando comparado com aparelho fixo tradicional. Contudo, verificaram-se níveis de RRE semelhantes ao dos aparelhos fixos autoligáveis. Periodontalmente, o facto dos alinhadores serem removíveis melhora a higienização e diminui a acumulação de placa. No entanto, é essencial instruir corretamente o paciente no uso de alinhadores, para que estes resultados se verifiquem. Sendo uma área de crescente interesse é expectável a necessidade de nova revisão no futuro próximo.

Palavras-Chave: alinhadores, aparelho fixo convencional, reabsorção radicular, impacto na qualidade de vida, estado periodontal.



## **Abstract**

Nowadays, the orthodontic treatment is very common in our society. The growing concern of the population with aesthetics is reflected in the search for an increasingly comfortable yet aesthetic treatment. Therefore, aligners have become an alternative to other fixed techniques.

This literature review addresses the various side effects of fixed appliances versus aligners. The impact on quality of life, external root resorption (ERR) and potential changes in the periodontal state were assessed factors, knowing their incidence and severity varies according to the type of aparatology used.

A bibliographic search was conducted using Medline/Pubmed/GoogleScholar as search engines, inserting the keywords: aligners, conventional fixed apparatus, root resorption, impact on quality of life and periodontal state. English, Portuguese and Spanish written articles were selected, published from 2005 to 2020. Additionally, previously published classic articles on the history of orthodontics were selected.

It was concluded that the impact on quality of life in orthodontic treatment with aligners is minimal, due to the fact that the aligners produce intermittent forces of lesser magnitude, causing less pain. Being more aesthetic, orthodontic treatment with aligners caused less anxiety on the patient. Also, there is a lower RRE with aligner treatment, when compared to traditional fixed apparatus, although similar to the self-ligating *brackets*. When it comes to the effects on the periodontium, the fact that aligners are removable allows better hygiene and less plaque accumulation. However, instructions on how to use aligners properly are of extreme importance for these findings. Being an area of growing interest, new revisions of literature are expected to be conducted in the near future.

Keywords: aligners, conventional fixed device, root resorption, impact on quality of life, periodontal state.



## ÍNDICE GERAL

I. Introdução .....	13
II. Desenvolvimento .....	15
1. Perspectiva histórica.....	15
2. Impacto do tratamento ortodôntico na qualidade de vida do paciente.....	16
2.1. A dor no tratamento ortodôntico .....	17
2.1.1. Controlo da dor ortodôntica .....	18
2.1.1.1. Métodos farmacológicos .....	19
2.1.1.2. Métodos mecânicos.....	20
2.1.1.3. Terapia a laser .....	20
2.1.1.4. Abordagem comportamental.....	21
2.1.1.5. Terapia genética .....	21
2.2. Influência do uso de aparelho fixo convencional vs. alinhadores na dor ortodôntica.....	22
2.3. Influência do uso de aparelho fixo convencional vs. alinhadores na qualidade de vida dos pacientes.....	24
2.4. Inflamação durante o tratamento ortodôntico: .....	26
3. Impacto do tratamento ortodôntico na reabsorção radicular .....	30
3.1. Tipos de forças ortodônticas: .....	30
3.2. Teorias do movimento dentário: .....	31
3.2.1. Teoria Bioelétrica:.....	32
3.2.2. Teoria da pressão e tensão:.....	33
3.3. Reabsorção radicular externa .....	36
3.4. Incidência e severidade da reabsorção radicular, resultante do tratamento ortodôntico com alinhadores vs. aparelho fixo convencional.....	37
4. Impacto do tratamento ortodôntico no estado periodontal do paciente .....	38
4.1. Anatomia e função do periodonto: .....	39
4.1.1. Gengiva .....	39
4.1.2. Ligamento periodontal .....	39
4.1.3. Cimento .....	40
4.1.4. Osso alveolar.....	40
4.2. Formação da placa bacteriana: .....	40
4.2.1. Gengivite induzida por placa bacteriana: .....	43
4.3. Impacto no periodonto do tratamento ortodôntico com alinhadores vs. com aparelho fixo convencional .....	44
III. Conclusão.....	47
IV. Bibliografia .....	49



## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1-** Desenho esquemático de um dente, o ligamento periodontal com as suas células e do osso alveolar. (A) Aplicação de uma força externa (seta). (B) Do lado da tensão, há um estiramento da matriz, das fibras e das células do ligamento periodontal e do osso alveolar. Do lado da pressão, há uma constrição do espaço do ligamento periodontal, um relaxamento das fibras, uma compressão da matriz, das células, e um abrandamento da circulação sanguínea. (C) A aposição óssea do lado do ponto de aplicação da força, do lado das deformações tensionais, só pode ser feita uma vez eliminados os tecidos necrosados do lado em que a pressão é sentida (adaptado de: Henneman et al., 2008) ..... 34
- Figura 2** - Severidade da reabsorção radicular por tipo de dente (adaptado de: Jung & Cho, 2011). ..... 36
- Figura 3** - Sinais clínicos de gengivite induzida por placa bacteriana, num paciente em tratamento ortodôntico com aparelho fixo convencional (fonte: Krishnan et al., 2007). .... 43



## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Alterações dos mediadores químicos, nas zonas de compressão e tensão dos tecidos periodontais, durante o movimento dentário ortodôntico, bem como o seu impacto nos processos de remodelação óssea (adaptado de: Li. et. al., 2018).....	29
--	----



## Índice de Abreviaturas

<b>ADN</b>		Ácido desoxirribonucleico
<b>AINES</b>		Anti-inflamatórios não esteroides
<b>BMPs</b>		Proteínas morfogénicas do osso
<b>cAMP</b>		Adenosina 3',5'-monofosfato cíclico
<b>CGRP</b>		“Calcitonin Gene Related Protein”
<b>COL-1</b>		Gene regulador do colagénio tipo 1
<b>COX</b>		Ciclooxigenase
<b>COX-1</b>		Ciclooxigenase 1
<b>COX-2</b>		Ciclooxigenase 2
<b>COX-3</b>		Ciclooxigenase 3
<b>CuNiTi</b>		Cooper Níquel-Titânio
<b>IL-1 <math>\beta</math></b>		Interleucina-1- $\beta$
<b>IL-6</b>		Interleucina-6
<b>IL-10</b>		Interleucina-10
<b>LPD</b>		Ligamento Periodontal
<b>M-CSF</b>		Fator de estimulação de colónias de macrófagos
<b>mg</b>		miligramas
<b>MMP</b>		Metaloproteinases da matriz
<b>NiTi</b>		Níquel-Titânio
<b>ON</b>		Óxido Nitroso
<b>OPG</b>		Osteoprotegina
<b>PG</b>		Prostaglandinas
<b>PGE2</b>		Prostaglandina E2
<b>RANK</b>		Recetor Ativador do Fator Nuclear Kappa B
<b>RANKL</b>		Ligante do Recetor Ativador do Fator Nuclear Kappa B
<b>RRE</b>		Reabsorção Radicular Externa
<b>TGF-<math>\beta</math></b>		Fator de transformação do crescimento $\beta$
<b>TNF-<math>\alpha</math></b>		Fator de Necrose Tumoral $\alpha$
<b>TNF-<math>\beta</math></b>		Fator de Necrose Tumoral $\beta$



## **I. Introdução**

Apesar da ortodontia ser reconhecida como uma especialidade médico-dentária desde os anos 80, o conceito de alinhamento dentário, com aparelhos ortodônticos fixos, remonta aos anos séculos X e XI.

Esta especialidade médico-dentária foi evoluindo e, atualmente, temos ao nosso dispor um vasto leque de recursos, tais como os aparelhos removíveis, os aparelhos fixos convencionais ou autoligáveis e os alinhadores.

O objetivo deste trabalho é comparar os efeitos secundários decorrentes do tratamento ortodôntico com aparelho fixo convencional, com os que resultam do tratamento com recurso a alinhadores. Será avaliada a qualidade de vida do paciente, a reabsorção radicular, a higiene oral e o impacto no periodonto, durante o tratamento ortodôntico.



## II. Desenvolvimento

### 1. Perspectiva histórica

Arqueologistas encontraram múmias egípcias com bandas metálicas a cobrir, individualmente cada dente, visando manter o espaço entre estes e evitando o apinhamento dentário. Este achado revelou que os antepassados egípcios tinham conhecimento de que a pressão, quando aplicada sobre os dentes, durante um determinado período de tempo, poderia ser utilizada para os mover, corrigindo certas más oclusões (Vilella, 2007).

A literatura não sugere mais desenvolvimentos do aparelho ortodôntico, até ao século XVIII. Foi em 1728 que, Pierre Fauchard, pai da odontologia moderna, escreveu o primeiro livro de odontologia - “Le Chirurgien Dentiste”, onde existe um capítulo totalmente dedicado à ortodontia. Neste capítulo, Fauchard, descreveu a utilização de arcos metálicos para o alinhamento dentário e, também, o primeiro aparelho de expansão denominado *bandeau*. Em 1888, John Farrar publicou o livro “A Treatise on the Irregularities of the Teeth and Their Corrections”, onde descreveu os conceitos básicos do movimento dentário, sendo o primeiro a sugerir o uso de forças leves, durante determinados intervalos de tempo, para produzir movimento dentário (Wahl, 2005).

Posteriormente, em 1928 e após 10 anos de testes, Angle desenvolveu um *bracket* que incorporava informação de três ordens (*edgewise bracket*). Estes *brackets* consistiam numa caixa metálica retangular, com uma “slot” que permitia uma maior precisão nos movimentos dentários tridimensionais, bem como um mecanismo de torque eficiente. Os *brackets* eram soldados a uma banda metálica que abraça cada dente, individualmente. Newman, em 1965, descreveu pela primeira vez a adesão dos *brackets* diretamente na superfície dentária, sem ser necessário utilizar uma banda metálica. Já em 1972, foi proposto um aparelho ortodôntico fixo auto-ligável, por Alexander Wildman. Este tipo de aparelho não necessita de ligaduras para fixar o arco ao *bracket*, tendo um revestimento de metal que forma um tubo e que pode ser aberto ou fechado, de forma a que o arco possa ser colocado e removido (Green, 2014).

Nos últimos anos, o número de pacientes adultos que procuram tratamento ortodôntico tem vindo a aumentar e estes procuram alternativas mais estéticas e confortáveis ao aparelho fixo convencional. Tais características podem ser encontradas nos sistemas de alinhadores, que consistem em aparelhos termoplásticos transparentes, que recobrem os dentes e a gengiva livre e que devem ser usados 22 horas por dia. Os sistemas de alinhadores incorporam o uso

de “attachments” de resina aderidos à estrutura dentária, de forma a aumentar a abrangência do tratamento com este sistema, pois permitem que sejam realizados movimentos mais difíceis, ou mesmo impossível de obter apenas com alinhadores (Yuan Li et al., 2020; Rossini et al., 2015; Weir, 2017).

## **2. Impacto do tratamento ortodôntico na qualidade de vida do paciente**

Auxiliar os pacientes a alcançar o melhor nível de satisfação com a sua cavidade oral e dentição é um dos principais objetivos do médico dentista. Os problemas dentofaciais influenciam a satisfação dos pacientes com a sua dentição, na medida em que afetam a estética, desempenho e a função mastigatória. A satisfação com a aparência dentária está correlacionada com o gênero e a idade. O sexo feminino apresenta uma menor satisfação com a estética da sua dentição, havendo uma melhor percepção da necessidade de tratamento ortodôntico pelas mulheres. Por outro lado, a satisfação com a estética dentofacial diminui com a idade, sendo expectável que os adultos se mostrem mais insatisfeitos com a sua estética dentária que os adolescentes. A completa satisfação do paciente, perante o resultado final do tratamento ortodôntico, é diretamente influenciada pelas experiências vividas no decorrer do mesmo. O conforto, a eficácia da aparatologia, o nível de dor experienciada e a manutenção da capacidade mastigatória, são algumas das variáveis que fazem com que o paciente se mostre mais ou menos satisfeito com o serviço prestado. No entanto, a personalidade do paciente representa também um fator importante na sua satisfação com a sua condição dentofacial e tratamento realizado (Al-Omiri & Alhajja, 2006).

Existe um interesse crescente em quantificar e qualificar a satisfação do paciente com o tratamento dentário. No entanto, as diferentes motivações e expectativas que levam o paciente a procurar o tratamento ortodôntico, como a estética ou a função, podem ocorrer em diferentes graus em diferentes pacientes, tornando difícil a sua avaliação (Flores-Mir et al., 2018).

São efeitos secundários comuns do tratamento ortodôntico a dor e o desconforto. Uma das principais razões que leva os pacientes a não realizarem tratamento ortodôntico, ou de o interromperem, é o medo da dor que este possa provocar. Assim, a dor produz um efeito negativo na qualidade de vida do paciente, diminuindo a sua cooperação, higiene oral e assiduidade nas consultas de rotina, podendo levar até à interrupção do tratamento ortodôntico (White et al., 2017). O nível de dor experienciada está também relacionado com

a satisfação do paciente perante o resultado final do tratamento ortodôntico. No entanto, a maioria dos pacientes demonstra estar satisfeito como resultado do seu tratamento ortodôntico (Flores-Mir et al., 2018).

### **2.1. A dor no tratamento ortodôntico**

A dor é definida como uma experiência sensorial e emocional desagradável, associada a danos reais ou potenciais dos tecidos (Long et al., 2016). Esta é uma sensação subjetiva que apresenta um elevado número de variações individuais sob as mesmas condições estimuladoras. Vários fatores como a idade, o sexo, a tolerância individual à dor, o estado emocional, o stress, a quantidade força aplicada, diferenças culturais ou experiências de dor prévias, alteram as queixas de dor que os pacientes podem apresentar (Cardoso et al., 2020).

Na maioria das circunstâncias, a dor motiva os indivíduos a evitarem situações que a possam despoletar, no entanto, o facto de que a dor ortodôntica ser um efeito secundário comum do movimento dentário é já amplamente conhecido, sendo esta bem aceite pela maioria dos pacientes ortodônticos. A dor ortodôntica é definida como um tipo de dor orofacial resultante do movimento dentário ortodôntico, e é induzida pela isquemia, inflamação e edema de ocorrem no ligamento periodontal (LPD) comprimido. As células do LPD, quando submetidas a inflamação e isquemia, libertam mediadores inflamatórios como a histamina, bradicinina, prostaglandinas, serotonina e substância P, que vão estimular as terminações nervosas, causando dor. A dor ortodôntica é frequentemente associada ao desconforto dentário causado pelo aparelho ortodôntico, no entanto, este tipo de dor abrange qualquer sensação dolorosa provocada pelo aparelho ortodôntico, seja esta provocada pela existência de úlceras na mucosa ou por um desconforto na língua. A dor ortodôntica possui uma prevalência de 72 a 100% dos pacientes ortodônticos e é percebida como dor, pressão e tensão nos dentes afetados. Na maioria dos procedimentos ortodônticos, o paciente pode experienciar dor ortodôntica, seja na colocação de espaçadores, arcos ou bandas, ou durante a utilização de elásticos intermaxilares, de expansores palatinos ou até mesmo durante a remoção do aparelho ortodôntico. A força ortodôntica, quando aplicada nos dentes, ativa recetores sensoriais dos tecidos periodontais, dando início ao processamento e transdução da dor nociceptiva tanto no sistema nervoso central como no sistema nervoso periférico (Long et al., 2016).

Após 2 horas da colocação do aparelho ortodôntico a dor começa a ser percebida pelo paciente, atingindo o seu pico às 24h de utilização e diminuindo gradualmente até atingir o seu valor mínimo aos 7 dias (Farzanegan et al., 2012).

Como previamente mencionado, para além de uma sensação dolorosa, a dor ortodôntica representa também um fator influenciador da qualidade de vida do paciente. Os aparelhos ortodônticos são objetos estranhos colocados numa área sensível do corpo humano, causando desconforto tanto físico como psicológico. Os principais fatores associados ao desconforto são o tipo de aparelho ortodôntico utilizado, a quantidade de força aplicada nas fases iniciais do tratamento, experiências prévias de dor e fatores cognitivos e ambientais como a cultura, o sexo e a idade. O aparelho ortodôntico pode influenciar negativamente a qualidade de vida dos pacientes uma vez que interfere com sua eficácia mastigatória e dicação, podendo alterar os seus comportamentos sociais ou ainda criar perturbações psicológicas, através do stress emocional que pode despoletar. (Long et al., 2016; Marques et al., 2014).

A percepção e intensidade da dor e desconforto estão diretamente relacionadas com certas características individuais, como a autoestima, autoconfiança, cooperação, expectativas, percepção estética e severidade da má oclusão. Limitações na fala e a visibilidade pouco estética dos *brackets*, são responsáveis pela diminuição da autoconfiança de pacientes em tratamento ortodôntico com aparelho fixo convencional, especialmente durante interações sociais durante as quais a atenção de terceiros está focada na face e boca do paciente. Este impacto negativo na autoconfiança é ainda mais evidente nos pacientes adolescentes, cuja motivação para o tratamento ortodôntico é melhorar a sua aparência esteticamente (Marques et al., 2014).

### **2.1.1. Controlo da dor ortodôntica**

A dor causada pelas forças do aparelho ortodôntico é um efeito secundário inevitável do tratamento ortodôntico. Com o propósito de controlar a dor ortodôntica da melhor forma, foram desenvolvidas várias técnicas, incluindo: métodos farmacológicos, mecânicos, terapia a laser, terapia genética ou abordagens comportamentais que visem uma melhoria dos sintomas (Long et al., 2016).

### 2.1.1.1. Métodos farmacológicos

Os anti-inflamatórios não esteroides (AINES) representam uma importante classe de fármacos utilizados no controlo da dor e inflamação sendo, por essa razão, frequentemente utilizados pelos pacientes em tratamento ortodôntico. Esta é a mais importante classe de fármacos, cujo mecanismo de ação passa pela inibição da síntese de eicosanóides, conferindo-lhes um efeito analgésico, anti-inflamatório e anti-trombótico. Podem ser prescritos para o tratamento e controlo de diversas patologias crónicas ou agudas e são muitas vezes utilizados através de automedicação. Esta classe de fármacos inibe a síntese de eicosanóides (tromboxano, prostaciclina e prostaglandinas), através da supressão da atividade das enzimas ciclooxigenases (COX-1, COX-2 e COX-3). A reação dos tecidos periodontais à aplicação de forças ortodônticas pode ser alterada pela ingestão deste tipo de fármacos, uma vez que estes, ao inibirem as COX, diminuem a produção de mediadores químicos responsáveis pelo desenvolvimento de um processo inflamatório agudo que permite que o movimento dentário ortodôntico ocorra. A inibição das COX provoca uma série de alterações nos mecanismos moleculares uma vez que provoca um aumento dos níveis de metaloproteinases da matriz (MMP) e de colagenases, que vão destruir a matriz dos tecidos periodontais (Krishnan, 2007; Mendonça, 2010).

Segundo Ngan et. al., 1994, o ibuprofeno é o analgésico mais eficiente na dor ortodôntica, no entanto a aspirina, o paracetamol, a indometacina, inibidores seletivos da COX-2, entre outros, também reduzem a dor e o desconforto associados ao tratamento ortodôntico (Ngan et al., 1994). A interferência dos AINES no processo inflamatório associado ao movimento dentário ortodôntico é a maior preocupação em relação ao uso destes fármacos por pacientes em tratamento ortodôntico. Porém, a administração de doses baixas deste fármaco durante um ou dois dias durante a fase inicial do movimento dentário, não afetarão este processo. Atualmente recomenda-se a administração dos AINES a nível pré-operatório, desta forma, estes representam um tratamento preventivo e não sintomático. A administração de AINES antes do procedimento vai permitir bloquear os impulsos nervosos aferentes antes de estes atingirem o sistema nervoso central, impedindo o processo de sensibilização central, o que diminui a intensidade da dor e atrasa e diminui o pico de dor experienciada. Esta forma de administração dos AINES, permite obter um maior efeito analgésico em comparação com a prescrição pós-operatória dos mesmos, uma vez que o fármaco é absorvido antes da produção de prostaglandinas, diminuindo a resposta inflamatória às forças ortodônticas. A administração de 400mg de ibuprofeno, 1 hora antes

do procedimento ortodôntico resulta numa diminuição significativa da dor e desconforto até 2 horas depois do mesmo, devendo ser adicionalmente administrada mais uma ou duas doses do fármaco após o procedimento, de forma a ser atingido um controlo completo da dor (Krishnan, 2007; Polat & Karaman, 2005).

#### **2.1.1.2. Métodos mecânicos**

Alguns métodos mecânicos têm sido propostos para o alívio da dor ortodôntica. Fazem parte destes a vibração, pastilhas elásticas, *bite wafers* ou acupuntura (Long et al., 2016).

A vibração é aplicada através de um aparelho vibrador que é colocado na boca do paciente, e as pastilhas elásticas e *bite-wafers* são para que o paciente as mastigue e morda, respetivamente. O propósito destes métodos baseia-se no facto de que estímulos mecânicos ativam mecanoreceptores que transmitem sinais táteis ao mesmo tempo que suprimem a transmissão de sinais dolorosos. Adicionalmente, visto as forças ortodônticas comprimirem as estruturas vasculares periodontais, causando isquemia e subsequente inflamação tecidual, a vibração e mastigação vão restabelecer a normal circulação, evitando a existência de zonas de isquemia e, conseqüentemente, diminuindo a dor (Farzanegan et al., 2012).

Tanto as pastilhas elásticas como as *bite wafers* e a vibração, devem ser utilizadas antes do início da dor, caso contrário, podem revelar-se ineficazes o até mesmo aumentar a intensidade da dor (Wang et al., 2012).

A acupuntura tem também vindo a ser recomendada no alívio da dor ortodôntica, sendo, neste procedimento, inseridas agulhas no ponto Hegu, localizado no dorso da mão, entre o primeiro e segundo metacarpos, no entanto, o seu mecanismo de ação é ainda desconhecido (Long et al., 2016).

#### **2.1.1.3. Terapia a laser**

Dependendo da energia irradiada, o laser pode ser classificado em laser de alta, média ou baixa potência. O laser de baixa potência liberta uma quantidade de energia controlada, de forma a que a temperatura dos tecidos irradiados não ultrapasse a temperatura corporal normal, apresentando efeitos bioestimuladores. A analgesia produzida pela irradiação de laser de baixa potência é atribuída a múltiplas ações, incluindo: o aumento da temperatura da superfície corporal, removendo substâncias indutoras de dor através do aumento da

circulação local, a inibição da produção de mediadores inflamatórios, linfócitos e células nervosas e a libertação de neurotransmissores no tecido inflamatório (Li et al., 2015).

A terapia com laser de baixa intensidade é aplicada no alívio da dor tanto na medicina como na medicina dentária, sendo útil no controlo da dor ortodôntica, através da irradiação da arcada dentária (Long et al., 2016).

#### **2.1.1.4. Abordagem comportamental**

A abordagem comportamental que é aplicada no alívio da dor ortodôntica inclui o tratamento cognitivo comportamental, atividade física e terapia musical. Estas modalidades comportamentais baseiam-se na tranquilização e distração da dor. A dor ortodôntica provoca ansiedade e stress aos pacientes, sendo a tranquilização dos mesmos através das técnicas acima descritas uma abordagem viável para o seu controlo (Long et al., 2016).

O tratamento cognitivo comportamental é uma intervenção psicológica muito utilizada no controlo da dor. Sendo uma forma de psicoterapia, ocorre em várias sessões de tratamento, de forma a que sejam dadas instruções ao paciente, no sentido de este modificar os seus pensamentos perante a dor, permitindo também uma diminuição dos seus níveis de ansiedade. Para além do controlo da dor ortodôntica, este método é também utilizada na dor causada por disfunções temporomandibulares ou pela síndrome da boca ardente (Wang et al., 2012).

Níveis elevados de ansiedade aumentam a sensação de dor através de vias neuronais mediadas pelo sistema límbico e, portanto, a sua diminuição a através do tratamento cognitivo comportamental permite um alívio da dor ortodôntica. A terapia musical e a atividade física, através da distração do paciente acerca da dor que está a sentir, revelam-se também eficazes na diminuição da dor ortodôntica (Long et al., 2016).

#### **2.1.1.5. Terapia genética**

A terapia genética é definida como um método que liberta genes ou sequências de DNA em células alvo. Estas podem exprimir, contínua ou temporariamente, esses genes ou sequências de DNA, de forma a alterar as funções biológicas dessas células. O alívio da dor pode ser alcançado através da adição de genes endógenos opióides aos neurónios. Diferentes tipos de vetores virais têm sido desenvolvidos para a transdução de genes de interesse em

células alvo, incluindo: adenovírus, lentivírus, herpes simplex e vírus adeno-associados (Long et al., 2016; Siddique et al., 2016).

## **2.2. Influência do uso de aparelho fixo convencional vs. alinhadores na dor ortodôntica**

O tipo de aparelho ortodôntico utilizado pode influenciar a dor e desconforto reportados pelos pacientes devido ao tipo de forças utilizadas por cada um. Também o conhecimento possuído pelos pacientes acerca do tratamento ortodôntico, bem como a sua atitude perante o mesmo, constituem fatores que modificam a dor e o desconforto sentido. Pacientes que possuam um maior conhecimento e que apresentem uma atitude mais positiva perante o tratamento ortodôntico, tendem a apresentar níveis de dor mais baixos. Desta forma, é recomendado que os ortodontistas eduquem o paciente acerca do tratamento que irá realizar, nomeadamente acerca do desconforto que poderá sentir, fornecendo *guidelines* para o alívio do mesmo (Cardoso et al., 2020).

O padrão da dor associada à utilização de aparelho fixo convencional, está já bem estabelecido, sendo que a dor ortodôntica tem início duas horas após o início do tratamento ortodôntico, e o seu pico é atingido, em média, após 24h. Após o pico, existe um gradual decréscimo do nível de dor, ao longo de 4-5 dias, atingindo o valor mínimo ao fim de 7 dias de tratamento (Polat & Karaman, 2005; White et al., 2017).

Segundo um estudo de White, et. al. (2017), imediatamente após a cimentação do aparelho fixo convencional, os pacientes reportam baixos níveis de dor e desconforto (11.87). A dor e o desconforto, destes pacientes, aumentam gradualmente entre 300 e 500% e atingem o pico entre o 1º e 3º dia, sendo o maior desconforto percebido aquando da mastigação e mordida, realizada pelos dentes anteriores. Posteriormente, os níveis de dor e desconforto decrescem, atingindo valores correspondentes à *baseline* (dor e desconforto registados imediatamente após a cimentação do aparelho), aproximadamente ao 7º dia de utilização. No caso do tratamento ortodôntico com alinhadores, imediatamente após a sua colocação, são também referidos, pelos pacientes, baixos níveis de dor e desconforto (10.62). Durante os 2 primeiros dias a dor e o desconforto aumentam entre 50 e 100%, sendo atingindo o pico, em média, às 24h de utilização. Posteriormente, tal como no caso do aparelho fixo convencional, a dor e o desconforto diminuem gradualmente atingindo, após 7 dias de utilização, valores inferiores aos de *baseline*. O nível de dor e desconforto percebidos pelos pacientes

durante a primeira semana de utilização é significativamente mais elevado nos pacientes que realizam tratamento ortodôntico com recurso ao aparelho fixo convencional, comparativamente aos pacientes em tratamento ortodôntico com sistemas de alinhadores (Fujiyama et al., 2014; White et al., 2017).

Após as reativações realizadas nas consultas de controlo dos primeiros 2 meses de utilização, a dor e desconforto reportados pelos pacientes em tratamento ortodôntico, é também superior nos casos de tratamento com aparelho fixo convencional, em relação aos casos de tratamento com sistemas de alinhadores. No entanto, os picos de dor após as reativações, tanto nos casos de aparelho fixo convencional como com alinhadores, são de menor intensidade, comparativamente ao percebido após a cimentação inicial do aparelho fixo convencional ou à colocação dos primeiros alinhadores do tratamento (White et al., 2017). O facto de a reativação dos aparelhos fixos convencionais ser realizada uma vez por mês, enquanto que a substituição de alinhadores ocorre por norma, a cada 15 dias, pode explicar que os pacientes em tratamento com alinhadores apresentem menor dor após cada ativação, mas que esta se prolongue durante mais tempo, visto existir alguma diferença de períodos de tempo sem que ocorra nenhuma ativação (Cardoso et al., 2020). Quando é utilizado o sistema Invisalign<sup>®</sup>, a troca de alinhadores é feita a cada 7 dias e não de 15 em 15, como em outros sistemas de alinhadores, segundo o *site* do fabricante.

No caso do tratamento ortodôntico com aparelho fixo convencional, o tipo de arco utilizado pode influenciar o grau de dor experienciada pelo paciente. Os diferentes arcos, constituídos por diferentes ligas metálicas, possuem propriedades mecânicas específicas, que os levam a aplicar diferentes quantidades de força. Existem arcos constituídos por aço inoxidável e quatro grupos de arcos constituídos por ligas de NiTi: os convencionais, os superelásticos, os termoativados (*cooper* NiTi - CuNiTi) e os termoativados graduados (Papageorgiou et al., 2014). O pico do desconforto durante a primeira semana de tratamento ortodôntico, depende do arco utilizado. Os arcos superelásticos de NiTi apresentam um pico de desconforto de aproximadamente 29% da pior dor imaginável pelo paciente (valor semelhante ao arco de aço inoxidável trançado), enquanto que arcos de NiTi convencionais apresentam valores de 44%. Estes últimos, registam maiores picos de desconforto, por aplicarem grandes quantidades de força nos dentes e periodonto (White et al., 2017). Assim, os arcos NiTi organizam-se por ordem crescente de indução de dor ortodôntica da seguinte forma: arcos NiTi termoativados-graduados, NiTi termoativados, NiTi superelásticos e NiTi convencionais (Papageorgiou et al., 2014).

O tratamento ortodôntico com alinhadores, como referido anteriormente, produz geralmente menores níveis de dor e desconforto e, como tal, os pacientes que utilizam este sistema, apresentam menor tensão, dor e sensibilidade dentária, comparativamente aos pacientes com aparelho fixo convencional. Tal pode ser justificado pelo facto dos alinhadores serem aparelhos removíveis, mais confortáveis que um aparelho fixo, e que produzem forças intermitentes, permitindo a reorganização dos tecidos antes da reaplicação de forças ortodônticas (Cardoso et al., 2020). O baixo desconforto registado pelo uso de alinhadores relaciona-se com os mediadores pró-inflamatórios como a IL-1 $\beta$ . A curto prazo, os mediadores inflamatórios aumentam a sensibilidade dos tecidos, através da ativação de quinases associadas a recetores e de canais iónicos. A longo prazo, os mesmos induzem o aumento de recetores nociceptivos, o que conduz à hiperalgesia dos tecidos inflamados. Uma vez que os aparelhos fixos convencionais provocam maior dor e desconforto iniciais, devido a uma maior resposta inflamatória, os pacientes em tratamento ortodôntico com este tipo de sistema ortodôntico possuem um maior número de nociceptores, o que irá afetar a sua percepção de dor nas reativações seguintes (White et al., 2017).

O principal fator que produz dor e desconforto, durante o tratamento ortodôntico com alinhadores, é a deformação dos mesmos, demonstrando ser importante a sua frequente verificação, de forma a evitar que se deformem (Fujiyama et al., 2014).

### **2.3. Influência do uso de aparelho fixo convencional vs. alinhadores na qualidade de vida dos pacientes**

A qualidade de vida relacionada com a saúde oral é um conceito que reflete a ausência de impactos físicos e psicossociais negativos provocados pela saúde oral, no dia-a-dia e na autoconfiança dos pacientes (Gao et al., 2020). As doenças e condições orais podem prejudicar a qualidade de vida relacionada com a saúde oral, desencorajando a interações sociais, conduzindo a stress crónico ou depressão, bem como incorrer em elevados custos financeiros. Pode ainda existir comprometimento de funções vitais como a respiração, a seleção de alimentos, o ato de comer, engolir ou falar, ou ainda de atividades da vida diária como o trabalho ou a escola (Bennadi & Reddy, 2013).

Durante o tratamento ortodôntico existem vários fatores que podem influenciar a qualidade de vida do paciente, como os impactos funcionais e psicossociais do mesmo e o nível de dor sentida. Embora a qualidade de vida do paciente seja diminuída, tanto durante o

tratamento ortodôntico com aparelho fixo convencional, como com sistemas de alinhadores, existem diferenças significativas nos impactos provocados por cada um deles (Miller et al., 2007). No tratamento ortodôntico, com alinhadores, a qualidade de vida do paciente, relacionada com a saúde oral, é minimamente afetada (Flores-Mir et al., 2018).

Em relação aos impactos mecânicos dos aparelhos ortodônticos, a menor dor provocada pelos alinhadores está relacionada, não só com tipo de forças por estes produzidas, mas também com a sua biomecânica e propriedades únicas do material que os constitui. Enquanto que os *brackets* do aparelho fixo convencional, mesmo que bem polidos, ao se localizarem numa zona onde existe uma frequente movimentação dos lábios e mucosa, provocam frequentemente irritações e lesões das mucosas, os limites dos alinhadores ao se localizarem na zona do vestíbulo e possuírem um volume bastante menor que o ocupado pelos *brackets* convencionais, resultam numa menor irritação e dor nas mucosas orais. Em relação às forças produzidas, no aparelho fixo convencional, estas são variáveis consoante a necessidade inerente a cada caso em específico. Deste modo, mais frequentemente ocorre a aplicação de forças excessivas e inadequadas por aparelhos fixos convencionais, o que conduz a uma maior indução de dor pelos mesmos, comparativamente aos alinhadores. Determinadas limitações funcionais, como a dificuldade na dicção, disgeusia, dificuldade em comer, limitação na escolha de alimentos e interrupção das refeições, também são impactos mecânicos negativos do tratamento ortodôntico, sendo menos frequentes no tratamento com recurso a sistemas de alinhadores. No que concerne às limitações relacionadas com a alimentação, o facto de os alinhadores serem removidos durante as refeições, justifica a ausência de limitações neste domínio, em pacientes a realizar o tratamento ortodôntico com este sistema. Já os pacientes com aparelho fixo convencional, possuem algumas restrições alimentares, de modo a prevenir a descimentação dos *brackets* (Gao et al., 2020). As dificuldades na higiene oral, bem como a mobilidade dentária são fatores que também influenciam o efeito negativo do uso de aparelho ortodôntico na qualidade de vida do paciente. Desta forma, os ortodontistas não devem negligenciar o desconforto percebido pelo paciente, fomentando uma comunicação ortodontista-paciente eficaz (Marques et al., 2014).

A ansiedade sentida pelos pacientes durante o tratamento ortodôntico, é diretamente proporcional à dor provocada pelo mesmo, e constitui um dos seus impactos psicossociais. No tratamento ortodôntico com alinhadores, a ansiedade dos pacientes é menor que a sentida

por pacientes em tratamento como aparelho fixo convencional. Existem duas razões que justificam esta diferença entre os impactos de cada sistema:

- Como referido anteriormente, a dor percebida por pacientes a utilizar alinhadores é menor e, estando a dor diretamente relacionada com a ansiedade, é de esperar que a ansiedade dos mesmos seja também menor.
- O facto de que as características invisíveis e, portanto, mais estéticas dos alinhadores, beneficiam os níveis de ansiedade, nomeadamente da ansiedade social (Romero-Maroto et al., 2015). A existência de alterações físicas, nomeadamente as que afetam a aparência facial dos pacientes, provoca consequências psicológicas e sociais, tornando-as uma das maiores causas de stress para os pacientes (ansiedade social). Assim, pacientes que recorrem ao tratamento ortodôntico com alinhadores, poderão apresentar uma menor ansiedade social, uma vez que as alterações faciais são consideravelmente menores (Shet et al., 2013).

#### **2.4. Inflamação durante o tratamento ortodôntico:**

Imediatamente após a colocação do aparelho ortodôntico, bem como durante a fase de inflamação aguda, que decorre nos dias seguintes, as principais queixas do paciente passam pela dor e desconforto que o aparelho ortodôntico provoca. A movimentação dentária provoca movimentação do fluído crevicular e libertação de mediadores inflamatórios que são os principais responsáveis pela origem da dor (Krishnan & Davidovitch, 2006; Roberts-Harry & Sandy, 2003).

O movimento dentário ortodôntico é induzido por estímulos mecânicos e ocorre através da remodelação do LPD e do osso alveolar, que só se verifica se existir uma resposta inflamatória a esse estímulo, sob a forma de processo inflamatório asséptico. As forças aplicadas pelo aparelho ortodôntico vão provocar um movimento do LPD e, portanto, um desarranjo dos seus componentes (células, matriz extracelular e estruturas nervosas), verificando-se a ocorrência de alterações histológicas e vasculares, através da libertação de mediadores químicos (neurotransmissores, citocinas, fatores de crescimento, metabolitos de ácido araquidónico, etc.). Estes mediadores químicos, são os primeiros a serem produzidos em resposta ao stress mecânico e, por isso, desencadeiam a resposta do hospedeiro ao ativarem uma cascata de reações que é prosseguida por moléculas efetoras (primeiros

mensageiros). Os primeiros mensageiros vão continuar, manter ou amplificar a resposta inflamatória através da ativação de segundos mensageiros que serão responsáveis pela resposta tecidual à inflamação e, portanto, pela remodelação óssea (Krishnan & Davidovitch, 2006).

Os mediadores químicos inflamatórios vão desencadear a quimiotaxia celular, sendo que a resposta celular só ocorre após a ligação destas substâncias a recetores na membrana de outras células efectoras, transmitindo informação para a progressão da resposta inflamatória. Em condições normais, existe um equilíbrio iónico e as células libertam níveis normais de mediadores químicos. No entanto, quando existe stress mecânico, por exemplo por compressão ou hiperfunção, o nível de mediadores químicos inflamatórios libertados aumenta, desencadeando a dor e inflamação (Ramos et al., 2005).

A inflamação é caracterizada por sinais clínicos como rubor, calor, tumor (ou edema) e dor, estando estes muitas vezes associados à perda de função. Pode ser originada por uma infeção por microorganismos ou por irritação química/mecânica. Histologicamente, a inflamação aguda é caracterizada pela ocorrência de vasodilatação e por um aumento da permeabilidade da microvasculatura. O aumento da permeabilidade vascular, juntamente com a quimiotaxia celular, permite a migração de componentes celulares do lúmen dos vasos sanguíneos para o meio extracelular dos tecidos circundantes. Uma vez nos tecidos, esses componentes celulares seguem um gradiente quimiotáxico que regula o processo migratório, através da interação de citocinas quimiotáxicas (quimiocinas). Existem várias substâncias bioquímicas cujo objetivo é mediar as alterações associadas à migração celular, tais como histamina, leucotrienos, prostaglandinas, citocinas e quimiocinas (mediadores inflamatórios)(Krishnan & Davidovitch, 2015).

O aumento do fluxo do fluído crevicular e a hipoxia provocada pela compressão dos tecidos periodontais, sinergicamente, promovem a remodelação óssea e do LPD, através da indução de um processo inflamatório asséptico. As forças ortodônticas provocam, como já referido, áreas de compressão e tensão no LPD, bem como nas terminações nervosas e vasos sanguíneos associados. Quando existe deformação das terminações nervosas, estas libertam neurotransmissores vasoativos como a substância P e a *calcitonin gene-related-protein* (CGRP), que interagem com as células endoteliais provocando vasodilatação e aumento da permeabilidade vascular, causando saída de plasma dos vasos sanguíneos. As células endoteliais agora ativadas, recrutam leucócitos, monócitos e macrófagos para o LPD, dando

início ao processo inflamatório agudo. Os leucócitos recrutados para o LPD sintetizam e libertam citocinas, prostaglandinas e fatores de crescimento que promovem a remodelação tecidular. Após alguns dias, o processo inflamatório agudo transita para um processo inflamatório crônico e proliferativo, que envolve ação de fibroblastos, células endoteliais, osteoblastos e osteoclastos. As células periodontais basais, libertam vários fatores inflamatórios, iniciando unidades funcionais para a remodelação óssea e tecidular. Entre eles, são libertados: citocinas IL-1 $\beta$ , IL-6, IL-10, óxido nítrico (ON), fator de necrose tumoral (TNF-  $\beta$ ), fator de estimulação de colónias de macrófagos (M-CSF), prostaglandinas (PG), OPG e RANKL. As zonas de tensão e compressão estão associadas a mediadores específicos que regulam, respectivamente, as zonas de deposição e reabsorção óssea. As zonas de compressão estão associadas a elevados níveis de ciclooxigenase-2 (COX-2), que catalisa a produção de prostaglandinas, a partir do metabolismo do ácido araquidónico, nomeadamente da prostaglandina E2 (PGE2). As PG atuam nos osteoblastos, aumentando a concentração de cAMP intracelular, o que promove a sua atividade reabsortiva. A PGE2 estimula a diferenciação osteoblástica e a expressão do RANKL e M-CSF, ao mesmo tempo que inibe a expressão da osteoprotegina (OPG). O aumento do RANKL simultaneamente à diminuição da libertação de OPG pelos osteoblastos, favorece a diferenciação osteoclástica e a reabsorção óssea. A libertação de citocinas IL-1 $\beta$  e de TNF-  $\alpha$  induz também a diferenciação e atividade dos osteoclastos e simultaneamente, promove a inflamação e aumenta os níveis de metaloproteinases da matriz (MMP). As MMPs, juntamente com catepsinas, degradam a matriz extracelular do ligamento periodontal do osso alveolar, permitindo que os osteoclastos se liguem e iniciem a reabsorção. As forças compressivas ativam também a produção de óxido nítrico que é um mediador importante na reabsorção óssea induzida por inflamação. Os osteoclastos recrutados e ativados pelos mediadores químicos mencionados, formam lacunas ósseas nas áreas de compressão. O movimento dentário começa quando todo o tecido necrótico é removido pelos osteoclastos, sendo este processo sucedido pela formação de tecido osteoide pelos osteoblastos, com novas fibras periodontais incrustadas na parede óssea alveolar e no cimento radicular. As proteínas morfogénicas do osso (BMPs), juntamente com a expressão do gene Runx2 potenciam a diferenciação osteoblástica e a mineralização óssea, ao mesmo tempo que os fibroblastos ativos e em proliferação no LPD, aumentam a produção de fibras da matriz extracelular do mesmo. O osso alveolar e LPD comprimidos são destruídos e depois reconstruídos pelos mecanismos de remodelação tecidular. Já as zonas de tensão do LPD e do osso alveolar, a deposição óssea predomina, sendo acompanhada de um aumento do número e atividade dos osteoblastos. As forças de tensão estimulam a

proliferação de células precursoras de osteoblastos no LPD e ativam enzimas sintetizadores de óxido nítrico para que este medeia a formação óssea. A IL-10 aumenta nas áreas de tensão, promovendo a ação da OPG e diminuindo a produção de RANKL pelos osteoblastos. Verifica-se ainda uma redução da sinalização pelo RANK, o que favorece a deposição óssea através da inibição da formação e atividade dos osteoclastos. A produção de TGF- $\beta$  é também estimulada pelas forças de tensão e este: induz a proliferação e quimiotaxia das células do LPD, aumenta a expressão do gene regulador do colagénio (COL-I), recruta precursores de osteoblastos e induz a sua diferenciação, inibe as MMPs e induz os fatores inibidores das MMPs. As MMPs e os seus inibidores atuam de forma coordenada com o objetivo de regular a remodelação e possuem padrões de expressão localizados de forma a fazer uma coordenação controlada do *turnover* tecidual (Tabela 1) Assim, de forma cumulativa, nas áreas de tensão dos tecidos periodontais verifica-se um aumento da atividade osteoblástica e uma redução da atividade osteoclástica, acompanhada de deposição óssea e remodelação das fibras do LPD (Yina Li et al., 2018).

**Tabela 1** - Alterações dos mediadores químicos, nas zonas de compressão e tensão dos tecidos periodontais, durante o movimento dentário ortodôntico, bem como o seu impacto nos processos de remodelação óssea (adaptado de: Li. et. al., 2018).

	ZONA DE COMPRESSÃO	ZONA DE TENSÃO
ALTERAÇÕES MEDIADORES QUÍMICOS	↑ COX2 → ↑ PGE <sub>2</sub> → ↑ RANKL + M-CSF ↑ TNF- $\alpha$ ↓ OPG	↑ IL-10 → ↑ OPG ↑ TGF- $\beta$ ↑ TIMPs ↑ NO ↓ RANKL
RESULTADO	↑ OSTEOCLASTOS ↑ REABSORÇÃO ÓSSEA ↓ APOSIÇÃO ÓSSEA	↓ OSTEOCLASTOS ↓ REABSORÇÃO ÓSSEA ↑ APOSIÇÃO ÓSSEA

### **3. Impacto do tratamento ortodôntico na reabsorção radicular**

A RRE, em consequência da movimentação dentária produzida pelo tratamento ortodôntico, é um dos principais riscos deste tratamento, traduzindo-se num dos seus efeitos secundários mais prevalente e indesejável (cerca de 20-100% dos pacientes em tratamento ortodôntico apresentam algum grau de RRE) (Yuan Li et al., 2020). Trata-se de um processo patológico multifatorial de perda permanente de tecido duro no ápex da raiz do dente (cimento e dentina), que resulta de uma complexa combinação entre a biologia individual do paciente (idade género, nutrição), predisposição genética e as forças mecânicas (tipo de aparelho ortodôntico, intensidade e duração força) sendo visível nas radiografias de rotina (Farias, 2019; Krieger et al., 2013). Os fatores biológicos são intrínsecos a cada paciente e, por isso, não é possível modificá-los. Deste modo, torna-se essencial, **identificar a forma como a biomecânica das forças ortodônticas influenciam a RRE de forma a minimizar os seus riscos e severidade** (Gandhi et al., 2020; Roscoe et al., 2015).

#### **3.1. Tipos de forças ortodônticas:**

A força ortodôntica ideal para induzir movimentos dentários é caracterizada pela máxima resposta celular com manutenção da vitalidade dos tecidos, devendo ser compatível com os valores de pressão sanguínea. Se a força ortodôntica for superior à pressão sanguínea dos vasos capilares, estes podem colapsar e originar uma disfunção da irrigação sanguínea do ligamento periodontal (Roscoe et al., 2015).

As forças ortodônticas podem ser categorizadas tendo em conta a sua magnitude, duração e direção. Aquando da coordenação da força ortodôntica com o seu respetivo momento, ocorre o movimento dentário, nomeadamente, inclinação, translação, rotação, intrusão, extrusão e torque. No entanto, o resultado clínico vai depender da resposta dos tecidos periapicais que são submetidos às forças ortodônticas (Fernandes, 2009).

Quanto à magnitude das forças ortodônticas, a aplicação de forças de magnitude excessiva sobre os dentes em movimento, vai provocar uma sobrecarga dos tecidos periodontais não trazendo nenhum benefício para o paciente (Krishnan et al., 2017).

Em relação à duração, as forças podem ser classificadas em três tipos:

- I. **Forças contínuas:** são forças que são mantidas por um determinado período de tempo, a uma magnitude relativamente constante, não existindo perda de magnitude, ao longo do tempo. No entanto, conforme o dente migra, a força tende a decrescer, e pode haver necessidade de reativação. Estas forças são produzidas por aparelhos fixos, através do uso de arcos e molas superelásticas ou com memória de forma.
- II. **Forças interrompidas:** neste tipo de forças, os períodos de ação alternam com períodos de inatividade, ou seja, entre ativações ou consultas de controlo ortodôntico, a magnitude da força diminui. No entanto, os arcos e molas de aço inoxidável do aparelho fixo, mantém o dente na posição adquirida após o efeito da força ortodôntica.
- III. **Forças intermitentes:** este tipo de forças é característico dos aparelhos removíveis intra ou extra-orais, uma vez que, a magnitude da força declina a zero abruptamente, após a remoção do aparelho pelo paciente. O aparelho fixo, quando temporariamente desativado e posteriormente reativado ao nível de magnitude original, também pode produzir forças intermitentes. As forças produzidas pela função normal dos indivíduos, na mastigação, deglutição e fala, são um caso especial de forças intermitentes, uma vez que a maioria não é mantida por horas suficientes ao dia para ter efeitos significativos na posição dentária (Phulari, 2017; Proffit et al., 2007).

### 3.2. Teorias do movimento dentário:

O movimento dentário ortodôntico é um mecanismo que depende de vários tipos de células, entre as quais se destacam-se os osteoclastos - com a principal função de absorver osso - e os osteoblastos – cuja principal função é a formação de novo osso.

A remodelação óssea é uma cascata de acontecimentos que leva a que ocorram, paralelamente, reabsorção e formação óssea. Estes processos de remodelação ocorrem como uma resposta biológica à força aplicada e são controlados por dois mecanismos predominantes: a teoria bioelétrica e a teoria da pressão-tensão (Bumann & Frazier-Bowers, 2017).

### **3.2.1. Teoria Bioelétrica:**

No movimento dentário ortodôntico, as forças mecânicas contínuas, intermitentes ou interrompidas, estimulam a cascata de remodelação óssea do osso alveolar (Bumann & Frazier-Bowers, 2017).

A teoria bioelétrica relaciona o movimento dentário com alterações no metabolismo ósseo, controlado por sinais elétricos. Os sinais elétricos que iniciam o movimento dentário são piezoelétricos. A piezoelectricidade é um fenômeno observado em muitos materiais cristalinos, em que uma deformação estrutural produz um fluxo de corrente elétrica à medida que os elétrons são deslocados de uma parte da rede cristalina para outra, como acontece no osso alveolar e em fibras de colagénio. Os sinais piezoelétricos possuem duas características incomuns: uma taxa de decadência rápida (isto é, quando uma força é aplicada, é gerado um sinal piezoelétrico que rapidamente termina, mesmo que a força se mantenha) e a produção de um sinal equivalente, na direção oposta, quando a força é removida. Quando a estrutura cristalina é deformada, os elétrons migram de uma localização para outra e observa-se a produção de carga elétrica. Enquanto a força for mantida, a estrutura cristalina está estável e não são produzidos mais sinais elétricos, porém, quando a força é removida, a estrutura cristalina retorna à conformação inicial e observa-se um fluxo de elétrons na direção oposta ao inicial. As regiões de pressão, correspondem a zonas de carga elétrica positiva, onde existe uma elevada atividade osteoclástica e, portanto, uma zona de reabsorção óssea. Já nas regiões de tensão, existe uma carga elétrica negativa, estando associadas a uma elevada atividade osteoblástica e, portanto, de formação óssea (Krishnan & Davidovitch, 2006; Proffit et al., 2007).

No entanto, as correntes elétricas só se geram durante a aplicação ou libertação da força induzida, e, portanto, quando as forças ortodônticas são aplicadas de forma contínua estas correntes não se geram. Assim, acredita-se que a indução de cargas piezoelétricas através da aplicação de pulsos de força nos dentes, pode acelerar a resposta osteogénica (Shapiro et al., 1979).

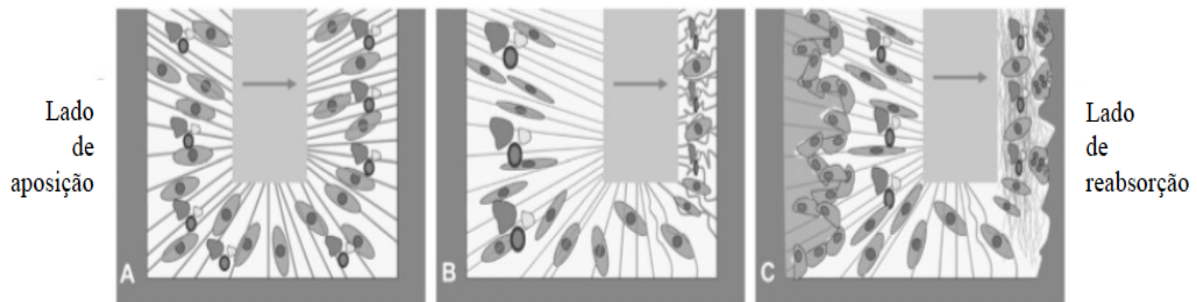
### 3.2.2. Teoria da pressão e tensão:

Segundo esta teoria, os responsáveis pelas alterações celulares, que resultam no movimento dentário, são mensageiros químicos que detetam a compressão e descompressão dos tecidos, bem como as alterações no fluxo sanguíneo do LPD. É no LPD que residem as células necessárias para que ocorra o mecanismo de remodelação óssea, os osteoblastos e os osteoclastos (Bumann & Frazier-Bowers, 2017).

Existem duas zonas de remodelação óssea, no dente submetido a forças controladas: a zona de tensão, do lado de aplicação da força, caracterizada pela existência de aposição óssea decorrente da intensa atividade osteoblástica, e a zona de pressão, do lado oposto à aplicação da força, onde ocorre atividade clástica e, portanto, reabsorção óssea. As zonas de remodelação são resultado do movimento que o dente realiza dentro do espaço do LPD, aquando da aplicação de uma força ortodôntica (Antoun et al., 2017; Krishnan & Davidovitch, 2006).

Imediatamente a seguir à aplicação de uma força ortodôntica, dá-se o deslocamento do dente no espaço do LPD e iniciam-se as deformações teciduais nos lados de tensão e pressão. No lado de tensão verifica-se um estiramento das fibras de colagénio que ligam o dente ao osso adjacente e, no lado de pressão, estas fibras sofrem um relaxamento, existindo uma compressão da matriz extracelular e das células e ocorrendo um abrandamento do fluxo sanguíneo (Figura 1). Verifica-se ainda a indução da circulação de fluído no tecido do LPD e no osso alveolar que produz forças de cisalhamento nos osteócitos do osso alveolar. Tanto a deformação das fibras de colagénio como a circulação de fluído no LPD e no osso alveolar, provocam deformação celular. As células que sofrem deformação, como os osteócitos, possuem uma elevada sensibilidade a estímulos mecânicos, uma vez que estão ligadas à matriz do LPD através de domínios intra e extracelulares de integrinas, que se conectam a proteínas da matriz. As integrinas, quando expostas a estímulos mecânicos, ativam vias de sinalização e transdução de sinais que, por sua vez, induzem a produção de mensageiros químicos, como citoquinas (interleucina-1 $\beta$ ) e prostaglandinas (prostaglandina E), que estimulam a diferenciação e proliferação celular de células responsáveis pela remodelação

óssea (fibroblastos, osteoblasto, osteócitos e osteoclastos)(Bumann & Frazier-Bowers, 2017; Henneman et al., 2008).



**Figura 1-** Desenho esquemático de um dente, o ligamento periodontal com as suas células e do osso alveolar. (A) Aplicação de uma força externa (seta). (B) Do lado da tensão, há um estiramento da matriz, das fibras e das células do ligamento periodontal e do osso alveolar. Do lado da pressão, há uma constrição do espaço do ligamento periodontal, um relaxamento das fibras, uma compressão da matriz, das células, e um abrandamento da circulação sanguínea. (C) A aposição óssea do lado do ponto de aplicação da força, do lado das deformações tensionais, só pode ser feita uma vez eliminados os tecidos necrosados do lado em que a pressão é sentida (adaptado de: Henneman et al., 2008)

Em condições fisiológicas, a síntese e degradação das estruturas periodontais acontece de forma homeostática, no entanto, a aplicação de uma força externa, como as forças ortodônticas, provoca um desequilíbrio nesse processo, induzindo a remodelação tanto do LPD como do osso alveolar e promovendo a movimentação dentária. No local de reabsorção óssea, o LPD e o osso alveolar são degradados de forma a criar espaço para que o movimento dentário seja possível, enquanto que, simultaneamente, forma-se novo tecido do LPD de forma a que a ligação entre o dente e o osso alveolar se mantenha. Ao mesmo tempo que, após a ativação dos fibroblastos, ocorre a remodelação da matriz do LPD, precursores de osteoclastos migram até à superfície do osso, onde se diferenciam em osteoclastos e, quando ativados, se fixam à superfície óssea, degradando-a. No local de aposição óssea, as principais fibras do LPD são estiradas, iniciando-se a sua remodelação. Dá-se a formação de novo osso pelos osteoblastos ativados, estes produzem uma matriz extracelular, que posteriormente é mineralizada de forma unidirecional. Quando a nova camada de osso se torna dura, alguns osteoblastos ficam encurralados no osso, tornando-se osteócitos (Henneman et al., 2008; Mitchell et al., 2013; Proffit et al., 2007)

Este mecanismo de remodelação óssea e controlo do movimento dentário ocorre sem problemas se as forças aplicadas forem controladas e leves. No caso de serem utilizadas

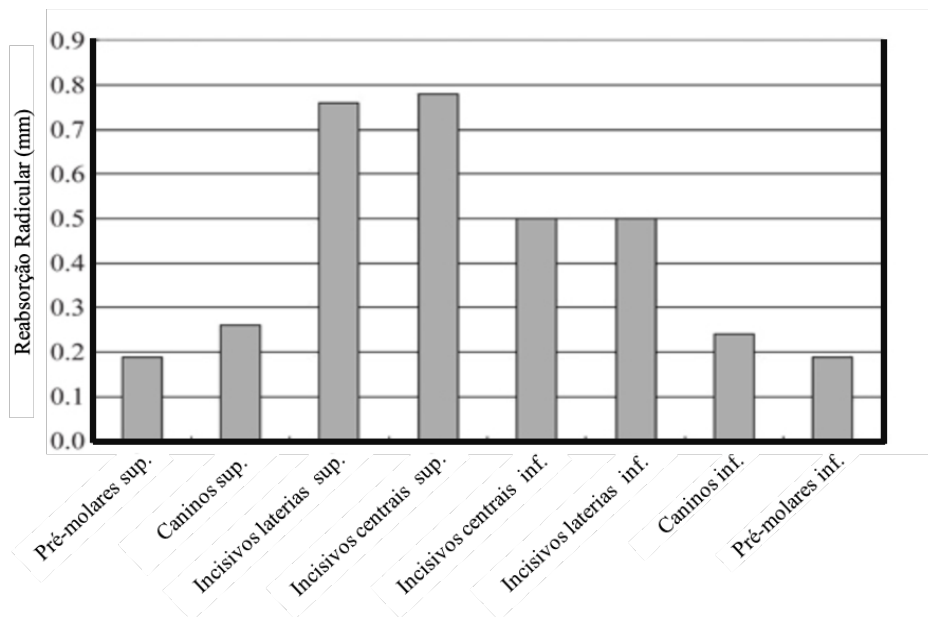
forças controladas, o dente move-se com o osso alveolar, ou seja, move-se com o seu alvéolo, originando um tipo de reabsorção óssea designado por *frontal resorption*, que ocorre diretamente na interface osso alveolar-LPD. Com a aplicação de forças de baixa magnitude, o movimento dentário ocorre geralmente após 2 dias da aplicação da força, uma vez que, as forças leves apenas reduzem o fluxo sanguíneo, permitindo um recrutamento rápido de osteoclastos residentes no LPD ou oriundos do fluxo sanguíneo que rapidamente removem a lâmina dura, dando início ao movimento ortodôntico. No entanto, caso sejam aplicadas forças excessivas, o dente move-se através do osso, não sendo acompanhado pelo seu alvéolo e dando origem a outro tipo de reabsorção óssea - a *undermining resorption*. Com a aplicação de forças excessivas e de longa duração, o LPD é comprimido de tal forma, que ocorre a obliteração dos vasos sanguíneos, a perda dos elementos sanguíneos em circulação e a necrose de certas áreas do LPD (hialinização). Estas áreas necróticas são, posteriormente, eliminadas por células fagocitárias, como macrófagos, células gigantes multinucleadas, fibroblastos e precursores de osteoclastos, que migram de locais adjacentes não necrosados, uma vez que não ocorre a diferenciação de osteoclastos nas zonas do LPD em compressão. Em resultado, ocorre um atraso no movimento dentário, uma vez que a aposição óssea não pode ocorrer no lado de tensão antes de todo o tecido necrótico do lado de pressão ser removido. Geralmente, são necessários entre 7 a 14 dias para que exista movimento dentário após a aplicação de uma força de elevada magnitude (Antoun et al., 2017; Yina Li et al., 2018; Mitchell et al., 2013; Proffit et al., 2007). As células gigantes multinucleadas, para além de removerem o tecido de hialinização, também provocam a degradação das camadas de pré-cimento e de cementoblastos, que protegem a superfície externa da raiz do dente. Uma vez que possuem características citológicas semelhantes aos osteoclastos, as células gigantes multinucleadas, vão desmineralizando a superfície dentária e desencadeando processos inflamatórios, semelhantes à reabsorção óssea, porém na superfície radicular, resultando em RRE (Roscoe et al., 2015; Von Böhl & Kuijpers-Jagtman, 2009).

Clinicamente, é quase impossível evitar que os vasos sanguíneos sejam totalmente obliterados e, por isso, existe sempre algum grau de hialinização, sendo o movimento ortodôntico uma combinação de *frontal resorption* e *basal resorption* (Yina Li et al., 2018).

### 3.3. Reabsorção radicular externa

A RRE pode resultar em apenas um leve arredondamento do ápex do dente, no entanto, apesar de a incidência de RRE severa ser baixa (1-5%), neste grau de reabsorção pode ter já sido perdido 5mm ou até  $\frac{1}{4}$  do comprimento da raiz do dente (Yuan Li et al., 2020; Roscoe et al., 2015).

Os dentes afetados por RRE podem adquirir um rácio coroa-raiz desfavorável ou podem mesmo vir a ser perdidos, o que afeta negativamente o resultado do tratamento ortodôntico e a qualidade de vida do paciente (Yuan Li et al., 2020)<<. Qualquer dente é suscetível à reabsorção radicular, no entanto, os incisivos centrais e laterais superiores apresentam maior propensão (figura 2)(Iglesias-Linares et al., 2017; Jung & Cho, 2011; Krieger et al., 2013). Os incisivos centrais e laterais inferiores seguem-se na ordem de propensão a reabsorção radicular, enquanto que os caninos e pré-molares não desenvolvem uma RRE significativa (Gandhi et al., 2020; Jung & Cho, 2011; Yuan Li et al., 2020).



**Figura 2** - Severidade da reabsorção radicular por tipo de dente (adaptado de: Jung & Cho, 2011).

Os diferentes tipos e intensidades das forças utilizadas pelo aparelho ortodôntico, estão associadas a diferentes incidências e graus de severidade de reabsorção radicular (Iglesias-Linares et al., 2017). O tratamento ortodôntico com forças intermitentes permite o processo de reparação do cimento, estando relacionado com uma menor incidência e severidade de reabsorção radicular, comparativamente ao uso de forças ortodônticas contínuas (Yuan Li et al., 2020). O efeito da aplicação de forças intermitentes difere do efeito

de forças contínuas. Caso a força aplicada inicialmente, seja de baixa magnitude, o dente sofre uma pequena movimentação, permanecendo depois nessa posição até que ocorra nova ativação da força ortodôntica. Já no caso de a força intermitente aplicada ser de elevada magnitude, interrompendo o fluxo sanguíneo no LPD e provocando a sua hialinização, a movimentação dentária só ocorrerá quando o tecido hialinizado for totalmente removido. Posteriormente, quando a força aplicada é interrompida, os dentes ficam na mesma posição, até que, a força seja novamente ativada e que ocorra um período de estabilização da movimentação dentária, permitindo a eliminação dos tecidos lesados, remoção de tecido ósseo e redução da pressão, com posterior revascularização e reparação do LPD, ou seja, dá-se a eliminação das áreas de hialinização e reparação do cemento. As forças contínuas apresentam melhores resultados em relação à quantidade da movimentação dentária, porém apresentam maiores reabsorções radiculares, comparativamente a forças intermitentes (Proffit et al., 2007).

Por forma a prevenir a ocorrência de RRE, o ortodontista deve planejar todo o tratamento ortodôntico, tendo por vista não aplicar forças excessivas, que possam provocar a morte dos cementoblastos e, conseqüentemente, causar RRE (Elhaddaoui et al., 2017).

### **3.4. Incidência e severidade da reabsorção radicular, resultante do tratamento ortodôntico com alinhadores vs. aparelho fixo convencional.**

A RRE, como já referido, é uma complicação clínica do tratamento ortodôntico praticamente inevitável, dificultando o sucesso do resultado final do mesmo. Aquando da decisão do tipo de aparatologia ortodôntica a utilizar, é importante perceber o impacto de cada uma na RRE, uma vez que o grau de reabsorção radicular pode variar como tipo de técnica ortodôntica utilizada (Eissa et al., 2018; Gandhi et al., 2020).

O tratamento ortodôntico, com recurso a alinhadores, pode provocar reabsorção radicular, no entanto, a incidência e severidade da mesma são menores, comparativamente aos resultados obtidos com o aparelho fixo convencional. A menor reabsorção radicular inerente ao tratamento ortodôntico com alinhadores deve-se ao facto de ser possível os pré-programar de forma a controlar a magnitude das forças que são aplicadas nos dentes e, conseqüentemente, controlar o stress criado na região apical de forma a prevenir e minimizar a incidência de RRE induzida pelo tratamento ortodôntico. Outra característica dos alinhadores que pode ser responsável pela menor reabsorção radicular é o facto destes

aparelhos removíveis gerarem forças intermitentes, que permitem a reparação do cimento, diminuindo a reabsorção radicular. No entanto, comparativamente ao aparelho fixo autoligável, os alinhadores não apresentam diferenças estatisticamente significativas, no que concerne ao grau de reabsorção radicular (Eissa et al., 2018; Elhaddaoui et al., 2017).

Cerca de 46% dos dentes sujeitos a tratamento ortodôntico com alinhadores sofre algum grau de reabsorção radicular. Destes, 27,75% sofre uma reabsorção radicular leve, 11,49% uma reabsorção radicular moderada e 6,3% sofre uma reabsorção radicular severa. Sendo a duração do tratamento diretamente proporcional à reabsorção radicular e sabendo que os tratamentos ortodônticos com recurso a alinhadores são geralmente mais curtos que os realizados com aparelho fixo convencional, de acordo com o artigo de Elhaddaoui et. al. (2017), a reabsorção radicular associada a tratamentos ortodônticos com alinhadores é também menor.

O tratamento com alinhadores produz forças de menor magnitude e de forma intermitente, controlada e estável através de uma tecnologia computadorizada, o que contribui para uma menor RRE, em relação ao tratamento ortodôntico com aparelho fixo convencional (Yuan Li et al., 2020).

#### **4. Impacto do tratamento ortodôntico no estado periodontal do paciente**

As complicações periodontais, assim como a RRE induzida pelo tratamento ortodôntico, são um dos efeitos secundários do tratamento ortodôntico mais prevalente (Levrini et al., 2015).

As forças aplicadas pelo tratamento ortodôntico induzem a remodelação dos tecidos periodontais, permitindo que ocorra o movimento dentário ortodôntico. Os dentes vão se movimentar, na mesma direção da força exercida sobre si pelo aparelho ortodôntico, ao mesmo tempo que os tecidos periodontais adjacentes se remodelam (Proffit et al., 2007; Thilander et al., 2017). São vários os fatores que influenciam a resposta dos tecidos periodontais ao aparelho e forças ortodônticas. Entre eles encontram-se os fatores intrínsecos ao paciente, como a sua resistência à doença periodontal, a presença de doenças sistémicas e a quantidade a composição da placa bacteriana. Outros fatores, como hábitos tabágicos, podem também comprometer a saúde periodontal do paciente (Rossini et al., 2015).

No entanto, o aumento da retenção de placa bacteriana e a diminuição da qualidade da composição da mesma, são os fatores de risco mais influentes no desenvolvimento de efeitos secundários periodontais, por consequência do tratamento ortodôntico. Existe, assim, evidência de que um aumento do índice de placa está associado a uma deterioração da saúde oral, em pacientes ortodônticos. A placa bacteriana, é o principal fator responsável pelo aparecimento de lesões de cárie e doença periodontal, e a sua acumulação promove a alteração do biofilme oral existente no sulco periodontal, para um mais agressivo, rico em bactérias periodonto patogénicas, resultando na produção de citocinas pró-inflamatórias e, consequentemente, na inflamação dos tecidos periodontais (Levrini et al., 2015). Esta pode ser removida através de uma adequada higiene oral diária, no entanto, os aparelhos ortodônticos podem dificultar esta tarefa, conduzindo a uma maior acumulação da mesma e, consequentemente, a um risco aumentado de doença periodontal, principalmente gengivite. (Rossini et al., 2015).

#### **4.1. Anatomia e função do periodonto:**

O periodonto corresponde ao conjunto de estruturas que rodeiam e suportam o dente, sendo constituído pela gengiva, ligamento periodontal, o cemento e o osso alveolar. Representa uma unidade biológica e funcional, que tem como função fixar os dentes à maxila e mandíbula e manter a integridade da superfície da mucosa oral. Sofre alterações com a idade e com alterações funcionais ou do meio oral (Lang & Lindhe, 2015; Reddy, 2017).

##### **4.1.1. Gengiva**

A mucosa oral é constituída pela mucosa mastigatória, mucosa especializada e mucosa de revestimento. A gengiva é parte da mucosa mastigatória e recobre todo o osso alveolar e porção cervical das coroas dentárias, sendo a camada mais superficial do periodonto e tendo como principal função a proteção dos tecidos circundantes do ambiente que os rodeia. A gengiva é dividida em três porções: a gengiva marginal, a gengiva aderida e a gengiva interdentária (papilas interdentárias)(Lang & Lindhe, 2015; Reddy, 2017).

##### **4.1.2. Ligamento periodontal**

O LPD é constituído por tecido conjuntivo, fibras de colagénio e vasos sanguíneos. Circunda toda a raiz dentária, fazendo a ligação entre esta e o osso alveolar (lâmina dura). É no ligamento periodontal que residem vários tipos de células responsáveis pela remodelação

dos tecidos periodontais, como os osteoblastos e osteoclastos, fibroblastos, cementoblastos e cementoclastos. As características adaptativas e dinâmicas do LPD, permitem que este responda a tensões normais ou impostas pelo movimento dentário induzido, através da sua remodelação, ou *turn-over*, que é constante (Lang & Lindhe, 2015; Reddy, 2017).

#### **4.1.3. Cimento**

O cimento é um tecido conjuntivo mineralizado que recobre a superfície dentária e, ocasionalmente, uma porção da coroa dentária. Ao contrário do osso, o cimento não contém vasos sanguíneos ou linfáticos, nem inervação, não sendo capaz de sofrer reabsorção e remodelação. No entanto a sua deposição é constante ao longo da vida. Entre as suas diversas funções, o cimento liga as principais fibras do LPD à raiz do dente, contribui para o processo de reparação de danos na superfície dentária e pode ainda ajustar a posição do dente a novas necessidades (Lang & Lindhe, 2015; Reddy, 2017).

#### **4.1.4. Osso alveolar**

O osso alveolar é constituído por tecido conjuntivo mineralizado e corresponde à porção da maxila e mandíbula que forma e suporta o alvéolo dentário. Forma-se quando o dente entra em erupção, de modo a proporcionar uma ligação óssea ao ligamento periodontal e, caso ocorra perda dentária, é reabsorvido. Apresenta duas tábuas ósseas externas (vestibular e lingual/palatina) e uma tábua interna (parede alveolar) que está em contacto com o dente. Entre as tábuas ósseas existe osso esponjoso, no entanto existem zonas onde a espessura entre as tábuas ósseas não é suficiente para que exista osso esponjoso. A zona dos caninos e incisivos inferiores, são exemplos de zonas onde a espessura é insuficiente. O osso alveolar, associado ao LPD e ao cimento, forma o aparelho de fixação do dente que permite que as forças aplicadas sobre os dentes sejam distribuídas de forma homogénea (Lang & Lindhe, 2015; Reddy, 2017).

### **4.2. Formação da placa bacteriana:**

A placa bacteriana é uma comunidade microbiana complexa, de cerca de 19000 espécies bacterianas na placa bacteriana madura, que variam de indivíduo para indivíduo (Levrini et al., 2015). A partir dos anos 90, passou a ser também designada como biofilme, ou seja, como um conjunto de microorganismos patogénicos que se associam entre si e ao substrato onde se encontram. Estes microorganismos estão submersos numa matriz de polímeros, que

preenche o espaço existente entre as células de diferentes tecidos (Philip D. Marsh et al., 2011).

Esta desenvolve-se, não só na superfície dentária, como também em outras superfícies da cavidade oral, como restaurações, componentes dos aparelhos dentários e tecidos moles. A formação da placa bacteriana compreende uma sequência de eventos que resultam num biofilme de várias espécies organizado estrutural e funcionalmente (Philip D. Marsh, 2010).

De acordo com Marsh, et. al., são estádios da formação da placa bacteriana:

### **I. Formação da película aderida:**

Nesta primeira etapa de formação da placa bacteriana, dá-se a formação da película aderida. A película aderida forma-se imediatamente após a erupção dentária ou escovagem, quando a superfície dentária é coberta com uma película de moléculas (glicoproteínas) oriundas da saliva, do fluido crevicular e de bactérias. A deposição desta película altera as propriedades da superfície dentária, influenciando o padrão da colonização bacteriana que se seguirá, uma vez que as bactérias interagem diretamente com as moléculas que constituem a película aderida. Inicialmente, apenas algumas espécies bacterianas são capazes de se aderir a esta película.

### **II. Adesão Reversível:**

As primeiras espécies bacterianas a conseguir aderir à película adquirida fazem-no de forma reversível, através da formação de pontes de hidrogénio e forças de *Vand der Valls* fracas e de longo alcance, entre a carga existente na superfície da célula microbiana e a carga produzida pela película aderida. O transporte passivo de microorganismos, através da película aderida até a superfície dentária, é executado através do fluxo de saliva e de fluido crevicular, no entanto, algumas espécies bacterianas flageladas conseguem atravessar a película aderida, devido à sua mobilidade.

### **III. Adesão Irreversível - colonização primária:**

As interações que se estabelecem entre moléculas específicas da superfície das bactérias (adesinas) e recetores existentes na película adquirida, permitem a formação de ligações irreversíveis iónicas e eletrostáticas fortes e de curto alcance, entre as bactérias e a película aderida, dando início à formação do biofilme que é a placa bacteriana.

#### **IV. Co-adesão - colonização secundária:**

O metabolismo dos colonizadores primários modifica o ambiente envolvente, podendo por exemplo, torná-lo mais anaeróbio após o consumo de oxigênio, tornando este, num habitat possível para a colonização secundária de bactérias anaeróbias.

As bactérias orais possuem geralmente mais do que um tipo de adesinas na sua superfície, sendo-lhes possível estabelecer interações com outras moléculas do hospedeiro e com recetores complementares, noutras bactérias (lectinas). Desta forma, outras bactérias (colonizadores secundários) aderem-se às bactérias já aderidas, de forma irreversível, à película aderida (co-adesão), aumentando a diversidade do biofilme. Muitos dos colonizadores secundários possuem necessidades de crescimento bastante exigentes, que são supridas através de interações bioquímicas antagónicas e sinérgicas entre bactérias.

#### **V. Multiplicação de bacterias aderidas:**

A multiplicação de bactérias aderidas conduz a um aumento de biomassa e síntese de exopolímeros que formam a matriz do biofilme, constituída por glucanos solúveis e insolúveis, frutanos e heteropolímeros, consolidando o esqueleto do biofilme e, eventualmente, transformando-o numa estrutura tridimensional. No entanto, a matriz de polímeros não contribui apenas para a integridade estrutural do biofilme, esta também tem um papel importante na atividade biológica, uma vez que retém nutrientes, água e enzimas dentro do biofilme e pode também excluir ou restringir a penetração de outras moléculas, incluindo certos agentes antimicrobianos com carga, como por exemplo a clorhexidina e compostos de amónia quaternária.

#### **VI. Descamação ativa:**

As bactérias possuem a capacidade de responder a estímulos ambientais e descamar das superfícies onde estão aderidas, permitindo que estas colonizem outro local. Esta descamação é possível, uma vez que, enzimas produzidas por bactérias do biofilme, podem hidrolisar adesinas específicas, que ancoram as células à superfície.

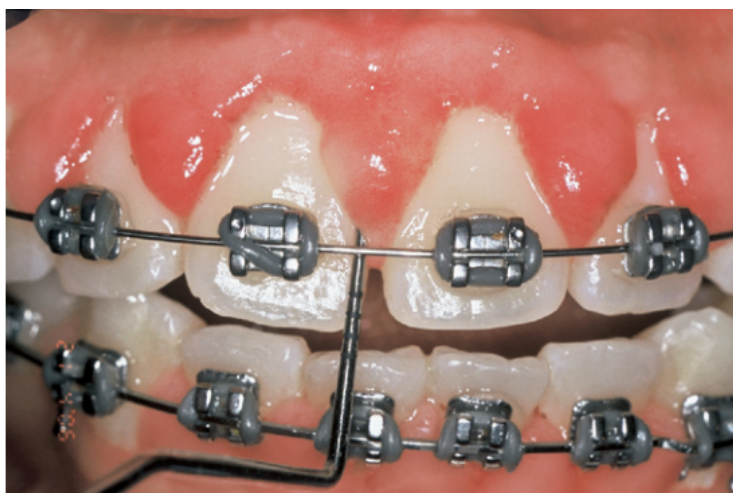
Uma vez estabelecida a microflora residente da placa bacteriana, esta permanece estável ao longo do tempo e é benéfica para o hospedeiro. A microflora residente, possui um papel fundamental no normal desenvolvimento da fisiologia do hospedeiro, reduzindo a probabilidade de infeção por bactérias exógenas, e muitas vezes patogénicas. Para isso, a

microflora residente forma uma barreira à colonização de outras bactérias através da competição por nutrientes e locais de adesão à superfície, e também através da produção de fatores de inibição e criação de condições de crescimento desfavoráveis a essas novas bactérias. Assim, o tratamento da placa bacteriana deve passar pelo seu controle, ao invés da sua total eliminação (Marsh, 2004; Marsh, 2010; Marsh et al., 2011).

#### 4.2.1. Gengivite induzida por placa bacteriana:

A gengivite induzida por placa bacteriana é uma resposta inflamatória dos tecidos gengivais, que resulta da acumulação de placa bacteriana abaixo ou na margem gengival. Esta condição periodontal, por si só, não provoca a perda de dentes, no entanto, o controle da gengivite é a estratégia primária na prevenção da periodontite. As primeiras alterações entre saúde periodontal e gengival e gengivite induzida por placa bacteriana podem não ser detetáveis clinicamente, sendo difícil determinar os limites de uma e outra condição. No entanto, à medida que a gengivite induzida por placa bacteriana progride para estádios mais avançados, os sinais e sintomas tornam-se óbvios. Numa primeira fase, apenas a gengiva marginal é afetada, no entanto, com o avançar da severidade da gengivite, esta pode acometer toda a gengiva (Murakami et al., 2018).

Alguns dos sintomas que os pacientes podem referir são sangramento durante a escovagem, sangue na saliva, inchaço e vermelhidão gengival e, em casos mais avançados da doença, halitose. Em relação aos sinais clínicos, os mais comuns são eritema, edema, sangramento e sensibilidade gengival (figura 4).



**Figura 3** - Sinais clínicos de gengivite induzida por placa bacteriana, num paciente em tratamento ortodôntico com aparelho fixo convencional (adaptado de: Krishnan et al., 2007).

Vários fatores podem influenciar a severidade da gengivite induzida por placa bacteriana como determinadas condições sistêmicas, incluindo a ação de hormonas sexuais (puberdade, ciclo menstrual, gravidez e contraceptivos orais), hiperglicémia, leucemia, hábitos tabágicos e má nutrição. Alguns fatores orais como restaurações debordantes ou hipossalivação, contribuem também para o desenvolvimento de gengivite induzida por placa bacteriana (Chapple et al., 2018).

### **4.3. Impacto no periodonto do tratamento ortodôntico com alinhadores vs. com aparelho fixo convencional**

O tratamento ortodôntico com aparelho fixo convencional promove a acumulação de placa bacteriana, prejudicando a saúde periodontal. Isto deve-se ao facto de os componentes deste aparelho, como bandas, *brackets* e arcos, formarem zonas retentivas de placa bacteriana que dificultam a higiene oral diária (Levrini et al., 2013). O facto de não ser possível remover o aparelho para executar a higiene oral, é também um fator que contribui para a acumulação de placa bacteriana. Adicionalmente, a capacidade de autolimpeza da saliva e língua são também diminuídas pela presença do aparelho ortodôntico, contribuindo para a retenção e acumulação de placa bacteriana (Rossini et al., 2015).

Assim, uma vez que o paciente não é capaz de eliminar toda a placa bacteriana acumulada, o risco de existir desmineralização do esmalte dentário e, conseqüentemente, lesões *white spot* e de cárie é aumentado. A inflamação gengival e o aumento da profundidade de sondagem, indicadores de doença periodontal, são também possíveis conseqüências da acumulação de placa bacteriana (Jiang et al., 2018; Levrini et al., 2015). A inflamação gengival, é a conseqüência mais prevalente da acumulação de placa bacteriana induzida pela utilização do aparelho fixo convencional, estando geralmente associada a índices periodontais aumentados (índice gengival e índice de placa)(Abbate et al., 2015).

Os índices indicadores de gengivite baseiam-se em sinais clínicos de inflamação gengival, como alterações de cor, textura ou forma das gengivas e na hemorragia gengival. Na gengivite, os sinais mais comuns são o edema, vermelhidão da margem gengival, gengiva livre com uma textura lisa e brilhante e sangramento (Jiang et al., 2018).

Durante a utilização de aparelho fixo convencional ocorre um desequilíbrio na microflora subgengival devido ao aumento da retenção bacteriana. Esse desequilíbrio resulta em alterações significativas da composição da placa bacteriana subgengival passando a existir

uma prevalência de bactérias periodontopatogénicas como *Porphyromonas gingivalis*, *Prevotella intermedia*, *Bacteroides forsythus*, *Actinobacillus actinomycetemcomitans*, *Fusobacterium nucleatum* e *Treponema denticola*, responsáveis pela etiologia das doenças periodontais (Levrini et al., 2013).

A inflamação gengival, resultante da acumulação da placa bacteriana, aumenta a circulação do fluido crevicular que é essencial para o crescimento das bactérias periodontopatogénicas, uma vez que lhes fornece proteínas plasmáticas. Assim, a inflamação gengival promove o crescimento de colónias de bactérias periodontopatogénicas, agravando o estado periodontal (Levrini et al., 2015).

Do ponto de vista clínico, o uso de alinhadores parece ser mais seguro para os tecidos periodontais, em relação ao aparelho fixo convencional. No entanto, pode provocar alterações de esmalte, quando mal utilizado (Moshiri et al., 2013).

Este tipo de aparelho ortodôntico forma um ambiente protetor, que limita o fluxo de saliva, impedindo a sua capacidade de autolimpeza, tampão e de remineralização do esmalte. Adicionalmente, a limpeza realizada pelos lábios, bochecha e língua são também interrompidos, o que provoca uma maior acumulação de placa bacteriana sob os alinhadores. Muitos pacientes, em tratamento ortodôntico com alinhadores, ingerem líquidos sem removerem previamente os alinhadores, o que torna muito provável a acumulação do líquido entre os alinhadores e os dentes. Se a ingestão for de líquidos ácidos, refrigerantes cariogénicos, bebidas eletrolíticas, águas aromatizadas ou sumos de fruta, torna-se uma situação especialmente problemática uma vez que se pode verificar uma significativa desmineralização e cáries em superfícies que normalmente possuem autolimpeza como cúspides e bordos incisais. Alguns pacientes, para além de ingerirem líquidos enquanto têm os alinhadores em boca, também não retiram os alinhadores durante as refeições, tornando possível a acumulação de alimentos entre os alinhadores e os dentes, que rapidamente se converterão em placa bacteriana produtora de ácido e, portanto, com grande potencial desmineralizante. Assim, os alinhadores, associados a uma errada utilização e má higiene oral, podem originar lesões de esmalte mais graves que as encontradas em pacientes com má higiene oral, utilizando aparelho fixo convencional (Moshiri et al., 2013).

O menor risco de cárie e doença periodontal associado ao correto uso de alinhadores, deve-se à menor retenção de placa bacteriana por este promovida e também, à maior

facilidade na higiene oral devido à possibilidade de remoção do mesmo, o que leva a que exista um menor risco de desenvolvimento de cáries e doença periodontal (Levrini et al., 2015; Rossini et al., 2015). Geralmente, com este tipo de tratamento ortodôntico, não se observam sinais de gengivite e os índices periodontais apresentam valores compatíveis com saúde periodontal (Abbate et al., 2015).

Em relação à microflora subgengival, as espécies bacterianas encontradas no biofilme associado ao uso de alinhadores são de baixo risco periodontopatogénico, ao contrário do que se verifica com o aparelho fixo convencional, em que se encontra um aumento do número de bactérias periodontopatogénicas de elevado risco (Rossini et al., 2015).

O tratamento ortodôntico com alinhadores permite que os dentes que não necessitem de ser movimentados possam ser mantidos numa posição estacionária, não recebendo qualquer força mecânica (efeito de férula). Quando se recorre ao uso de um aparelho fixo convencional para realizar o tratamento ortodôntico, todos os dentes recebem forças mecânicas que se dissipam pelo seu longo eixo, uma vez que o arco que constitui este aparelho está ligado a todos os dentes. Desta forma, o tratamento ortodôntico com alinhadores permite um melhor controle da mobilidade que pode já estar presente em doentes periodontais. Dentes que tenham sido movidos para a sua posição correta, também podem beneficiar do efeito de ferulização posteriormente, visto serem mantidos na sua posição, diminuindo a probabilidade de se verificar um aumento da mobilidade dentária. Outra das vantagens do tratamento com alinhadores em doentes periodontais, é o facto de as consultas de controlo periodontais serem facilitadas, uma vez que tratamentos periodontais como descalcificações e alisamentos radiculares são de mais fácil execução, visto ser possível remover o alinhador antes de os realizar (Boyd, 2005).

Assim, os alinhadores demonstram ser mais indicados para pacientes que apresentem algum compromisso da saúde periodontal, desde que estes cumpram todas as medidas de higiene adequadas à utilização dos mesmos (Rossini et al., 2015).

### **III. Conclusão**

Os efeitos secundários do tratamento ortodôntico verificam-se tanto na utilização de aparelho fixo convencional como de sistemas de alinhadores, embora sejam expressos com intensidades variáveis.

As características próprias do sistema de alinhadores, como o maior conforto que proporciona, a maior estética e a produção de forças de menor magnitude, de forma intermitente (que permitem a reparação do cimento e a reorganização tecidual), conferem-lhe variadas vantagens em relação ao aparelho fixo convencional.

Devido às suas características, os alinhadores produzem uma menor dor e desconforto durante o tratamento ortodôntico, o que implica que apresentem um menor impacto na qualidade de vida do paciente. Assim, os impactos funcionais e psicossociais deste sistema, nomeadamente dificuldades na dicção, disgeusia, dificuldades em comer, limitações na escolha de alimentos, interrupção das refeições e o aumento da ansiedade do paciente, aparentam ser menos significativos, quando comparados com os provocados pelo tratamento ortodôntico com aparelho fixo convencional.

A RRE secundária ao tratamento ortodôntico com alinhadores, possui também uma menor incidência e severidade que a provocada pelo tratamento ortodôntico com aparelho fixo convencional. Embora esta condição seja influenciada pelas forças mecânicas utilizadas (nomeadamente com o tipo de arco utilizado no aparelho fixo), a biologia individual do paciente e a sua predisposição genética para a RRE possuem também um papel contributivo na sua ocorrência.

Também as complicações periodontais do tratamento ortodôntico se apresentam diminuídas aquando da utilização de sistemas de alinhadores. Este, devido às suas propriedades, permite uma melhor higiene oral e forças mais favoráveis à manutenção de um periodonto saudável. Geralmente, com este tipo de tratamento, não são observados sinais de gengivite e os índices periodontais apresentam valores compatíveis com saúde periodontal. As bactérias periodontopatogénicas presentes no biofilme associado ao uso de alinhadores demonstram ainda ser de menor risco patogénico que as encontradas no biofilme associado ao uso de aparelho fixo convencional.

O tratamento ortodôntico com recurso a sistemas de alinhadores parece ser mais indicado para doentes periodontais, visto permitir manter numa posição estacionária os

dentes que não necessitem de movimentação, tornando possível o controle de mobilidades pré-existentes (efeito de férula).

No entanto, para que se verifiquem todas as vantagens dos alinhadores, é necessário que os pacientes cumpram todas as medidas de higiene adequadas à manutenção de um periodonto saudável, bem como o tempo de uso dos alinhadores indicado pelo médico.

#### IV. Bibliografia

- Abbate, G. M., Caria, M. P., Montanari, P., Mannu, C., Orrù, G., Caprioglio, A., & Levrini, L. (2015). Periodontal health in teenagers treated with removable aligners and fixed orthodontic appliances. *Journal of Orofacial Orthopedics*, 76(3), 240–250. <https://doi.org/10.1007/s00056-015-0285-5>
- Al-Omiri, M. K., & Alhajja, E. S. A. (2006). Factors affecting patient satisfaction after orthodontic treatment. *Angle Orthodontist*, 76(3), 422–431. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(2006\)076\[0422:FAPSAO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(2006)076[0422:FAPSAO]2.0.CO;2)
- Antoun, J. S., Mei, L., Gibbs, K., & Farella, M. (2017). Effect of orthodontic treatment on the periodontal tissues. *Periodontology 2000*, 74(1), 140–157. <https://doi.org/10.1111/prd.12194>
- Bennadi, D., & Reddy, C. V. K. (2013). *Background Concept of OHRQOL. 1*, 19–23.
- Boyd, R. L. (2005). *Improving Periodontal Health through Invisalign Treatment*. November, 24–26.
- Bumann, E. E., & Frazier-Bowers, S. A. (2017). A new cyte in orthodontics: Osteocytes in tooth movement. *Orthodontics and Craniofacial Research*, 20(March), 125–128. <https://doi.org/10.1111/ocr.12176>
- Cardoso, P. C., Espinosa, D. G., Mecnas, P., Flores-Mir, C., & Normando, D. (2020). Pain level between clear aligners and fixed appliances: a systematic review. *Progress in Orthodontics*, 21(1), 3.
- Chapple, I. L. C., Mealey, B. L., Van Dyke, T. E., Bartold, P. M., Dommisch, H., Eickholz, P., Geisinger, M. L., Genco, R. J., Glogauer, M., Goldstein, M., Griffin, T. J., Holmstrup, P., Johnson, G. K., Kapila, Y., Lang, N. P., Meyle, J., Murakami, S., Plemons, J., Romito, G. A., ... Yoshie, H. (2018). Periodontal health and gingival diseases and conditions on an intact and a reduced periodontium: Consensus report of workgroup 1 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. *Journal of Periodontology*, 89(March), S74–S84. <https://doi.org/10.1002/JPER.17-0719>
- Eissa, O., Carlyle, T., & El-Bialy, T. (2018). Evaluation of root length following treatment with clear aligners and two different fixed orthodontic appliances. A pilot study. *Journal of Orthodontic Science*, 7.
- Elhaddaoui, R., Qoraich, H. S., Bahije, L., & Zaoui, F. (2017). Orthodontic aligners and root

- resorption: A systematic review. *International Orthodontics*, 15(1), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.ortho.2016.12.019>
- Farias, H. M. (2019). *Avaliar As Reabsorções Radiculares Em Dentes Vitais E Não Vitais Submetidos A Tratamento Oortodôntico*. Universidade Do Estado Do Amazonas.
- Farzanegan, F., Zebarjad, S. M., Alizadeh, S., & Ahrari, F. (2012). Pain reduction after initial archwire placement in orthodontic patients: A randomized clinical trial. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 141(2), 169–173. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2011.06.042>
- Fernandes, E. (2009). *Efecto Del Movimiento Ortodôncico En El Tratamiento De Los Defectos Periodontales*.
- Flores-Mir, C., Brandelli, J., & Pacheco-Pereira, C. (2018). Patient satisfaction and quality of life status after 2 treatment modalities: Invisalign and conventional fixed appliances. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 154(5), 639–644. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2018.01.013>
- Fujiyama, K., Honjo, T., Suzuki, M., Matsuoka, S., & Deguchi, T. (2014). Analysis of pain level in cases treated with Invisalign aligner: Comparison with fixed edgewise appliance therapy. *Drugs*, 15(1), 1–7. <https://doi.org/10.1186/s40510-014-0064-7>
- Gandhi, V., Mehta, S., Gauthier, M., Mu, J., Kuo, C. L., Nanda, R., & Yadav, S. (2020). Comparison of external apical root resorption with clear aligners and pre-adjusted edgewise appliances in non-extraction cases: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Orthodontics*
- Gao, M., Yan, X., Zhao, R., Shan, Y., Chen, Y., Jian, F., ... & Lai, W. (2020). Comparison of pain perception, anxiety, and impacts on oral health-related quality of life between patients receiving clear aligners and fixed appliances during the initial stage of orthodontic treatment. *European Journal of Orthodontics*
- Green, J. (2014). The origins and evolution of fixed orthodontic appliances. *Dental Nursing*, 10(9), 524–528. <https://doi.org/10.12968/denn.2014.10.9.524>
- Henneman, S., Von Den Hoff, J. W., & Maltha, J. C. (2008). Mechanobiology of tooth movement. *European Journal of Orthodontics*, 30(3), 299–306. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjn020>
- Iglesias-Linares, A., Sonnenberg, B., Solano, B., Yañez-Vico, R. M., Solano, E., Lindauer, S. J., & Flores-Mir, C. (2017). Orthodontically induced external apical root resorption in patients treated with fixed appliances vs removable aligners. *Angle Orthodontist*, 87(1), 3–10. <https://doi.org/10.2319/02016-101.1>

- Jiang, Q., Li, J., Mei, L., Du, J., Levrini, L., Abbate, G. M., & Li, H. (2018). Periodontal health during orthodontic treatment with clear aligners and fixed appliances: A meta-analysis. *Journal of the American Dental Association*, *149*(8), 712-720.e12. <https://doi.org/10.1016/j.adaj.2018.04.010>
- Jung, Y. H., & Cho, B. H. (2011). External root resorption after orthodontic treatment: A study of contributing factors. *Imaging Science in Dentistry*, *41*(1), 17–21. <https://doi.org/10.5624/isd.2011.41.1.17>
- Krieger, E., Drechsler, T., Schmidtmann, I., Jacobs, C., Haag, S., & Wehrbein, H. (2013). Apical root resorption during orthodontic treatment with aligners? A retrospective radiometric study. *Head and Face Medicine*, *9*(1), 1. <https://doi.org/10.1186/1746-160X-9-21>
- Krishnan, V. (2007). Orthodontic pain: from causes to management--a review. *European Journal of Orthodontics*, *29*(2), 170–179. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjl081>
- Krishnan, V., & Davidovitch, Z. (2006). Cellular, molecular, and tissue-level reactions to orthodontic force. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, *129*(4), 469.e1-469.e32. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2005.10.007>
- Krishnan, V., & Davidovitch, Z. (2015). *Biological mechanisms of tooth movement* (Wiley-Blac).
- Krishnan, V., Sanford, R. L., & Davidovitch, Z. (2017). Tooth movement biology and laboratory experiments: How useful are they to orthodontic practitioners? *Seminars in Orthodontics*, *23*(4), 373–381. <https://doi.org/10.1053/j.sodo.2017.07.007>
- Lang, N. P., & Lindhe, J. (2015). *Clinical Periodontology and Implant Dentistry* (6th ed.). WILEY Blackwell.
- Levrini, L., Abbate, G. M., Migliori, F., Orrù, G., Sauro, S., & Caprioglio, A. (2013). Assessment of the periodontal health status in patients undergoing orthodontic treatment with fixed or removable appliances. A microbiological and preliminary clinical study. *Cumhuriyet Dental Journal*, *16*(4), 296–307. <https://doi.org/10.7126/cdj.2013.1974>
- Levrini, L., Mangano, A., Montanari, P., Margherini, S., Caprioglio, A., & Abbate, G. M. (2015). Periodontal health status in patients treated with the Invisalign® system and fixed orthodontic appliances: A 3 months clinical and microbiological evaluation. *European Journal of Dentistry*, *9*(3), 404–410. <https://doi.org/10.4103/1305-7456.163218>
- Li, F. J., Zhang, J. Y., Zeng, X. T., & Guo, Y. (2015). Low-level laser therapy for orthodontic pain: a systematic review. *Lasers in Medical Science*, *30*(6), 1789–1803.

<https://doi.org/10.1007/s10103-014-1661-x>

- Li, Yina, Jacox, L. A., Little, S. H., & Ko, C. C. (2018). Orthodontic tooth movement: The biology and clinical implications. *Kaohsiung Journal of Medical Sciences*, 34(4), 207–214. <https://doi.org/10.1016/j.kjms.2018.01.007>
- Li, Yuan, Deng, S., Mei, L., Li, Z., Zhang, X., Yang, C., & Li, Y. (2020). Prevalence and severity of apical root resorption during orthodontic treatment with clear aligners and fixed appliances: a cone beam computed tomography study. *Progress in Orthodontics*, 21(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s40510-019-0301-1>
- Long, H., Wang, Y., Jian, F., Liao, L. N., Yang, X., & Lai, W. L. (2016). Current advances in orthodontic pain. *International Journal of Oral Science*, 8(2), 67–75. <https://doi.org/10.1038/ijos.2016.24>
- Marques, L. S., Paiva, S. M., Vieira-Andrade, R. G., Pereira, L. J., & Ramos-Jorge, M. L. (2014). Discomfort associated with fixed orthodontic appliances: Determinant factors and influence on quality of life. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 19(3), 102–107. <https://doi.org/10.1590/2176-9451.19.3.102-107.oar>
- Marsh, P. D. (2004). Dental plaque as a microbial biofilm. *Caries Research*, 38(3), 204–211. <https://doi.org/10.1159/000077756>
- Marsh, Philip D. (2010). Microbiology of dental plaque biofilms and their role in oral health and caries. *Dental Clinics of North America*, 54(3), 441–454. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2010.03.002>
- Marsh, Philip D., Moter, A., & Devine, D. A. (2011). Dental plaque biofilms: Communities, conflict and control. *Periodontology 2000*, 55(1), 16–35. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0757.2009.00339.x>
- Mendonça, A. R., Valli, N., Oliveira, P. R., Calasans-Maia, J. A., & Dip, E. C. (2010). Influência dos anti-inflamatórios na movimentação ortodôntica. *Revista Brasileira de Odontologia*, 67(1), 111
- Miller, K. B., McGorray, S. P., Womack, R., Quintero, J. C., Perelmuter, M., Gibson, J., Dolan, T. A., & Wheeler, T. T. (2007). A comparison of treatment impacts between Invisalign aligner and fixed appliance therapy during the first week of treatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 131(3), 302.e1–302.e9. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2006.05.031>
- Mitchell, L., Littlewood, S., Nelson-Moon, Z., & Dyer, F. (2013). *Introduction to Orthodontics* (5th ed.). Oxford University Press.

- Moshiri, M., E. Eckhart, J., Mcshane, P., & S. German, D. (2013) Consequences of poor oral hygiene during clear aligner therapy. *JCO*, 8(47), 494-98.
- Murakami, S., Mealey, B. L., Mariotti, A., & Chapple, I. L. C. (2018). Dental plaque-induced gingival conditions. *Journal of Clinical Periodontology*, 45(February 2017), S17–S27. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12937>
- Ngan, P., Wilson, S., Shanfeld, J., & Amini, H. (1994). The effect of ibuprofen on the level of discomfort inpatients undergoing orthodontic treatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 106(1), 88–95. [https://doi.org/10.1016/S0889-5406\(94\)70025-7](https://doi.org/10.1016/S0889-5406(94)70025-7)
- Papageorgiou, S. N., Konstantinidis, I., Papadopoulou, K., Jäger, A., & Bourauel, C. (2014). A systematic review and meta-analysis of experimental clinical evidence on initial aligning archwires and archwire sequences. *Orthodontics and Craniofacial Research*, 17(4), 197–215. <https://doi.org/10.1111/ocr.12048>
- Phulari, B. S. (2017). Orthodontics: Principles and Practice. In *The European Journal of Orthodontics* (2nd ed., Issue 4). The Health Sciences Publisher. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjt030>
- Polat, O., & Karaman, A. I. (2005). Pain control during fixed orthodontic appliance therapy. *Angle Orthodontist*, 75(2), 214–219. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(2005\)075<0210:PCDFOA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(2005)075<0210:PCDFOA>2.0.CO;2)
- Proffit, W. R., Fields, H. W. J., & Sarver, D. M. (2007). *Contemporary orthodontics* (4<sup>a</sup>). Mosby Elsevier.
- Ramos, L. V. T., Furquim, L. Z., & Consolaro, A. (2005). A influência de medicamentos na movimentação ortodôntica: uma análise crítica da literatura. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial*, 10(1), 122–130. <https://doi.org/10.1590/s1415-54192005000100014>
- Reddy, S. (2017). *Essentials of Clinial Periodontology & Periodontics*. JP Medical Ltd.
- Roberts-Harry, D., & Sandy, J. (2003). Orthodontics. Part 1: Who needs orthodontics? *British Dental Journal*, 195(8), 433–437. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4810592>
- Romero-Maroto, M., Santos-Puerta, N., González Olmo, M. J., & Peñacoba-Puente, C. (2015). The impact of dental appearance and anxiety on self-esteem in adult orthodontic patients. *Orthodontics and Craniofacial Research*, 18(3), 143–155. <https://doi.org/10.1111/ocr.12091>
- Roscoe, M. G., Meira, J. B. C., & Cattaneo, P. M. (2015). Association of orthodontic force system and root resorption: A systematic review. *American Journal of Orthodontics and*

- Dentofacial Orthopedics*, 147(5), 610–626. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2014.12.026>
- Rossini, G., Parrini, S., Castroflorio, T., Deregibus, A., & Debernardi, C. L. (2015). Periodontal health during clear aligners treatment: A systematic review. *European Journal of Orthodontics*, 37(5), 539–543. <https://doi.org/10.1093/ejo/cju083>
- Shapiro, E., Roeber, F. W., & Klempner, L. S. (1979). Orthodontic movement using pulsating force-induced piezoelectricity. *American Journal of Orthodontics*, 76(1), 59–66. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(79\)90299-9](https://doi.org/10.1016/0002-9416(79)90299-9)
- Shet, R., Jain, G., Maroli, S., Srivastava, K. J., Kasina, S. P., & Shwetha, G. (2013). Association of oral health related quality of life with dental anxiety and depression along with general health among people of Bhopal district, Madhya Pradesh. *Journal of International Oral Health : JIOH*, 5(6), 1–8. <https://doi.org/10.4103/2231-6027.122073>
- Siddique, N., Raza, H., Ahmed, S., Khurshid, Z., & Zafar, M. S. (2016). Gene therapy: A paradigm shift in dentistry. *Genes*, 7(11), 98.
- Thilander, Birgit, Bjerklin, & Bondemark. (2017). *Essencial Orthodontics*. John Wiley & Sons.
- Vilella, O. de V. (2007). O desenvolvimento da Ortodontia no Brasil e no mundo. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial*, 12(6), 131–156. <https://doi.org/10.1590/s1415-54192007000600013>
- Von Böhl, M., & Kuijpers-Jagtman, A. M. (2009). Hyalinization during orthodontic tooth movement: A systematic review on tissue reactions. *European Journal of Orthodontics*, 31(1), 30–36. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjn080>
- Wahl, N. (2005). Orthodontics in 3 millennia. Chapter 1: Antiquity to the mid-19 th century. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 127(2), 255–259. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2004.11.013>
- Wang, J., Jian, F., Chen, J., Ye, N. S., Huang, Y. H., Wang, S., Huang, R. H., Pei, J., Liu, P., Zhang, L., Zhao, Z. H., Chen, Q. M., Lai, W. L., & Lin, Y. F. (2012). Cognitive behavioral therapy for orthodontic pain control: A randomized trial. *Journal of Dental Research*, 91(6), 580–585. <https://doi.org/10.1177/0022034512444446>
- Weir, T. (2017). Clear aligners in orthodontic treatment. *Australian Dental Journal*, 62, 58–62. <https://doi.org/10.1111/adj.12480>
- White, D. W., Julien, K. C., Jacob, H., Campbell, P. M., & Buschang, P. H. (2017). Discomfort associated with Invisalign and traditional brackets: A randomized, prospective trial. *Angle Orthodontist*, 87(6), 801–808. <https://doi.org/10.2319/091416-687.1>

