



CESPU

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

Aceleradores de movimento ortodôntico nos alinhadores Invisalign®

Susana Catarina Moreira de Almeida

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Medicina Dentária (Ciclo Integrado)

Gandra, 7 de Junho de 2021



CESPU

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

Susana Catarina Moreida de Almeida

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Medicina Dentária (Ciclo Integrado)

Aceleradores de movimento ortodôntico nos alinhadores Invisalign®

Trabalho realizado sob a Orientação de Especialista Mestre Ana Filipa Gonçalves
Gomes

Declaração de Integridade

Eu, acima identificado, declaro ter atuado com absoluta integridade na elaboração deste trabalho, confirmo que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri a qualquer forma de falsificação de resultados ou à prática de plágio (ato pelo qual um indivíduo, mesmo por omissão, assume a autoria do trabalho intelectual pertencente a outrem, na sua totalidade ou em partes dele). Mais declaro que todas as frases que retirei de trabalhos anteriores pertencentes a outros autores foram referenciadas ou redigidas com novas palavras, tendo neste caso colocado a citação da fonte bibliográfica.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer aos meus pais, que me acompanharam e apoiaram incondicionalmente, acreditando sempre em mim. Estando principalmente grata pelo suporte que me deram ao longo destes últimos 5 anos da minha vida académica, pois sem eles todo este percurso não teria sido possível.

Aos meus avós, que me ofereceram todo o apoio e motivação para a realização deste curso e também aos avós que já aqui não estão presentes, que tenho a certeza de que me continuam a ajudar, espero deixá-los orgulhosos.

A todos os meus amigos, que estiveram comigo nos bons e maus momentos, uma vez que foram eles que tornaram este meu percurso muito mais rico e didático.

À minha binómia, pelo companheirismo e amizade ao longo destes anos, por todos os momentos que passámos, dos quais permanecerão boas lembranças.

À minha orientadora, pela simpatia e disponibilidade que sempre demonstrou e por toda a ajuda prestada, pois sem ela não era possível a realização deste trabalho.

Resumo

Desde a infância, é possível recorrer à ortodontia para se proceder à correção de diversas má-oclusões dentárias, sendo possível resolver problemas que poderão complicar-se mais tarde, através de um tratamento intercetivo. Quando é necessária uma intervenção ortodôntica já nas fases de adolescência ou adulta, a preocupação estética é mais evidente, assim como o tempo de duração do tratamento ortodôntico, sendo por isso desenvolvidos alinhadores transparentes como o Invisalign® e investigados diversos métodos de aceleração ortodôntica.

Com isto, o objetivo desta revisão sistemática é estudar os diferentes métodos de aceleração ortodôntica no sistema invisalign® e avaliar a sua eficácia. Para isso foi realizada uma pesquisa nas bases de dados PubMed e Science Direct (Elsevier), com as combinações das seguintes palavras-chave "*accelerated orthodontics*", "*invisalign®*", "*accelerated*" e "*orthodontic tooth movement*" e através da utilização da metodologia PRISMA e da aplicação dos critérios de elegibilidade, de inclusão e exclusão, foram selecionados 12 artigos, que foram agrupados numa tabela. Estes artigos abordavam métodos utilizados para acelerar o tratamento com o Invisalign®, como a fotobiomodulação, vibração de baixa frequência, vibração de alta frequência e corticotomia combinada com piezocisão. Após a análise desta tabela, verificou-se que quase todos os autores estavam em concordância relativamente à eficácia dos diferentes métodos empregados. O que permite concluir que, apesar de serem necessários mais estudos, as técnicas abordadas podem ser utilizadas para reduzir o tempo de utilização dos alinhadores Invisalign®

Palavras-Chave: "*accelerated orthodontics*", "*invisalign®*", "*accelerated*" e "*orthodontic tooth movement*"

Abstract

Since childhood, it is possible to resort to orthodontics to correct various dental malocclusions. Therefore, this allows the resolution of problems that would probably be more complicated in the future, by using an interceptive treatment. When an orthodontic intervention is required in teenage or adult stages, esthetics concerns have more importance, as well as the duration of the orthodontic treatment. In that way, transparent aligners such as Invisalign® were developed. Furthermore, several methods of orthodontic acceleration are being investigated.

So, the aim of this report is to study the different methods of orthodontic acceleration in the Invisalign® system and to evaluate their effectiveness. In order to understand this, a search was conducted in the PubMed and Science Direct (Elsevier) databases, with the following combinations of keywords accelerated orthodontics and invisalign, accelerated and invisalign, orthodontic tooth movement or acceleration of orthodontic tooth movement and invisalign and by using the PRISMA methodology and applying the eligibility, inclusion and exclusion criteria also 12 articles were selected and grouped in a table. These articles analysis the methods used to accelerate treatment with Invisalign®, such as photobiomodulation, low frequency vibration, high frequency vibration and corticotomy combined with piezocision. After analyzing this, it was discovered that almost all authors agreement regarding the efficacy of the different methods used. In conclusion, the techniques can be used to reduce the wearing time of Invisalign® aligners but there is still the need to do further studies.

Keywords: "*accelerated orthodontics*", "*invisalign®*", "*accelerated*" e "orthodontic tooth movement"



Índice

1. Introdução	1
2. Objetivo	3
3. Materiais e métodos	4
3.1. Protocolo e registo	4
3.2. Critérios de elegibilidade	4
3.3. Critérios de inclusão e exclusão.....	5
3.4. Fontes de informação e estratégia de pesquisa.....	5
3.5. Seleção dos estudos.....	6
4. Desenvolvimento.....	8
4.1 Tratamento ortodôntico.....	8
4.1.1 Aparelhos ortodônticos fixos	12
4.1.2 Alinhadores ortodônticos Invisalign®	14
4.2 Aceleradores de movimento ortodôntico.....	17
4.2.1 Aceleradores de movimento ortodôntico utilizados no sistema Invisalign®.....	21
4.2.1.1 Fotobiomodulação	21
4.2.1.2 Corticotomia.....	23
4.2.1.3 Suplemento vibratório de baixa frequência	25
4.2.1.4 Suplemento vibratório de alta frequência.....	26
5. Resultados.....	27
6. Discussão.....	30
7. Conclusão.....	34
8. Referências Bibliográficas.....	35

Índice de tabelas e figuras

Tabela 1- Estratégia PICOS.....	4
Tabela 2- Critérios de inclusão e exclusão	5
Tabela 3- Estratégia de pesquisa.....	6
Tabela 4- Comparação da eficácia dos diferentes métodos de aceleração ortodôntica	28
Figura 1- Fluxograma PRISMA.....	12



Índice de abreviaturas

RAP: Fenómeno Aceleratório Regional

OPG: Osteoprotegerina

RANKL: Ligando do Recetor Ativador do fator Nuclear Kappa β

RANK: Recetor Ativador do fator Nuclear Kappa β

1. Introdução

A ortodontia é *"uma área que se dedica ao crescimento e desenvolvimento da face e dos dentes, com capacidade de prevenir e corrigir as más oclusões dentárias e desvios de normalidade da face"*.¹ Esta especialidade concentra-se principalmente na obtenção da adequada oclusão dentária, sendo um dos maiores desafios de um ortodontista realizar uma correta interpretação da definição de oclusão normal e consequente obtenção da oclusão ideal para cada paciente.²

Edward Hartley Angle, fundador da ortodontia, dedicou a sua vida à resolução de problemas ao nível do posicionamento dentário e elaborou a sua própria classificação de má-oclusões dentárias. A sua classificação, baseada na relação mesiodistal da mandíbula com as arcadas dentárias e com o crânio, tornou-se a mais reconhecida e utilizada forma de identificar os tipos de má-oclusão pelos médicos dentistas.³ Tanaka O. 2005, definiu o conceito de normoclusão e os diferentes tipos de má-oclusão, relacionando a cúspide mesio-vestibular dos primeiros molares permanentes. A normoclusão é definida quando a cúspide mesiovestibular do primeiro molar superior coincide com o sulco mesial da face vestibular do primeiro molar inferior, já a má-oclusão classe I partilha da mesma relação molar que a normoclusão. Na classe II o primeiro molar inferior oclui distalmente em relação ao molar superior e, por último, já na classe III, o primeiro molar inferior oclui mesialmente em relação ao superior.⁴

De forma a corrigir o mau posicionamento dentário, o tratamento ortodôntico é composto por aparelhos, que aplicam pressões, movendo os dentes para os locais desejados, melhorando a função mastigatória e realizando alterações a nível estético.^{2,5} O aparelho ortodôntico fixo é caracterizado pela colocação de bandas cimentadas ou tubos em molares, de forma a fornecer apoio ao dispositivo e pela capacidade de aplicar forças nas arcadas dentárias e desta forma, permitir a movimentação dentária. No entanto, apesar da medicina dentária estar em constante evolução, as forças mecânicas não possuem características intrínsecas direcionais, isto é, há necessidade do ortodontista estabelecer a intensidade das forças e determinar o sentido das mesmas. Com isto, são necessários médicos dentistas capazes de realizar uma correta manipulação destes materiais, para ser possível movimentar os dentes e atingir uma oclusão normal.² Este tipo de aparelho exige

a colocação de vários brackets, que se unem a um fio ortodôntico e dependendo do tipo de aparelho, este pode conter ligaduras metálicas ou elásticas ou então serem autoligáveis.⁶ A utilização de brackets metálicos, origina uma questão preocupante, visto que muitos pacientes se mostram desmotivados e insatisfeitos, devido ao seu sorriso se tornar menos estético. Para solucionar este problema foram investigadas alternativas, como o uso de brackets estéticos de safira, cerâmica ou plástico, e também, a utilização de aparelhos invisalign® para, deste modo, atender à crescente demanda estética.⁷

O invisalign®, lançado em 1998, confeccionado de material termoplástico, e inicialmente utilizado apenas em casos simples, mas com o desenvolvimento do material e a conceção da informática, a indicação deste tipo de aparelhos foi alargada, sendo capazes de resolver má-oclusões leves a graves.⁸ Um dos maiores desafios da ortodontia é a redução da duração do tratamento ortodôntico do sistema invisalign®, já que com uma maior duração do tratamento o paciente encontra-se mais exposto a problemas periodontais. De forma a solucionar este problema, têm sido investigadas formas de acelerar o movimento dentário para que seja possível reduzir o tempo de utilização e assim prevenir efeitos indesejados e aumentar a satisfação do paciente.

2. Objetivo

O objetivo desta dissertação é elaborar uma revisão sistemática estudando os diferentes métodos de aceleração ortodôntica no sistema invisalign® e avaliar a sua eficácia.

3. Materiais e métodos

3.1. Protocolo e registo

O protocolo de revisão utilizado foi o descrito nas recomendações PRISMA (PRISMA Statement), recorrendo à checklist PRISMA, disponível em <http://www.prisma-statement.org/PRISMAStatement/Checklist> e ao Fluxograma PRISMA disponível em <http://www.prisma-statement.org/PRISMAStatement/FlowDiagram>, consultados a 30 de Janeiro de 2021.

3.2. Critérios de elegibilidade

Os dados incluídos na presente revisão sistemática, foram selecionados de acordo com os seguintes critérios, seguindo a estratégia PICOS (PICOS Strategy):

Tabela 1- Estratégia PICOS

População (Population)	Adultos e crianças que necessitem de tratamento ortodôntico
Intervenção (Intervention)	Utilização de aceleradores de movimento em alinhadores ortodônticos Invisalign®.
Comparação (Comparison)	O tempo de utilização do alinhador Invisalign®.
Resultados (Outcomes)	Diminuição do tempo de tratamento ortodôntico.
Desenho dos estudos (Study design)	Estudos clínicos, relatos de casos, artigos de jornal e clássicos

3.3. Critérios de inclusão e exclusão

Tabela 2- Critérios de inclusão e exclusão

Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
Artigos de língua inglesa	Artigos cuja leitura na íntegra não forneceu informações úteis
Artigos entre 2011 e 2021	Artigos que sejam revisão sistemática
Artigos de estudos clínicos, relatos de casos e artigos de jornal e clássicos	Artigos cujos resumos não se enquadram na temática desta dissertação

3.4. Fontes de informação e estratégia de pesquisa

Estratégia de pesquisa- Foi efetuada uma pesquisa bibliográfica nas bases de dados PubMed e Science Direct (Elsevier) com as seguintes palavras-chave: *“accelerated orthodontics”, “invisalign®”, “accelerated” e “orthodontic tooth movement”*

Utilizando a pesquisa avançada, fizeram-se as seguintes combinações de palavras-chave:

#1 (accelerated orthodontics) AND (invisalign)

#2 ((orthodontic tooth movement) OR (acceleration of orthodontic tooth movement)) AND (invisalign)

#3 (accelerated) AND (invisalign)

As estratégias de pesquisa estão descritas na seguinte tabela:

Tabela 3- Estratégia de pesquisa

Base de dados	Palavras-Chave	Artigos encontrados após a aplicação dos filtros	Artigos selecionados
PubMed	(Accelerated orthodontics) AND (Invisalign)	15	9
PubMed	((orthodontic tooth movement) OR (acceleration of orthodontic tooth movement)) AND (Invisalign)	230	1
Science direct	(accelerated) AND (Invisalign)	22	1

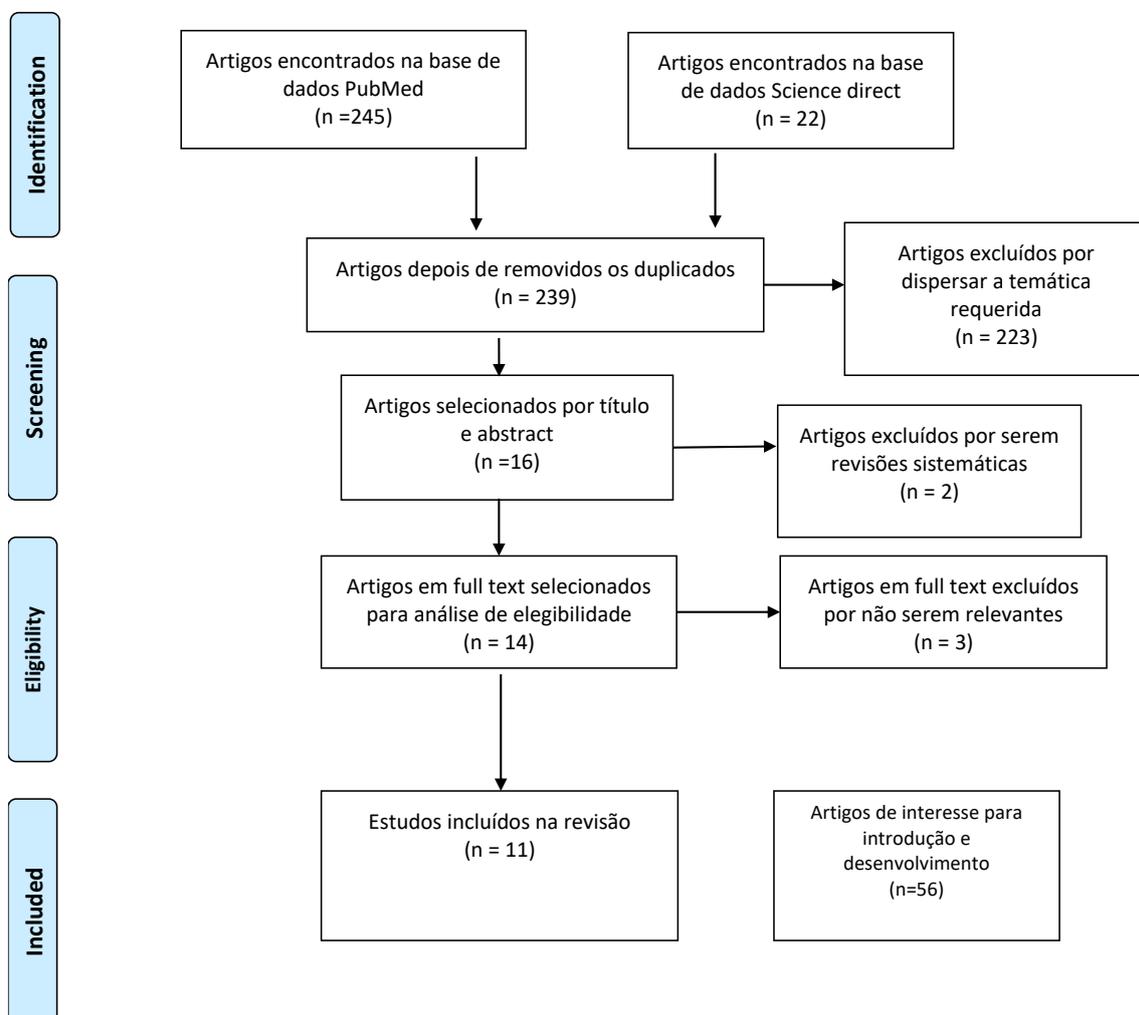
3.5. Seleção dos estudos

Etapas I- Foram realizadas pesquisas nas bases de dados PubMed e Science Direct (Elsevier), com os termos da pesquisa em cima descritos. Como critérios de inclusão, foram aplicados o filtro do intervalo de anos (estes tinham de ser posteriores ao ano 2011), o das publicações em inglês e foram selecionados também, artigos que estão incluídos em estudos clínicos, relatos de casos e artigos de jornal e clássicos na base de dados da PubMed. Já na Science Direct, foi aplicado o mesmo filtro do intervalo de anos e da língua, para além de terem sido selecionados artigos que pertenciam à área de medicina e medicina dentária, e todo o tipo de artigos exceto, "Review articles", "research articles", "Book reviews" restringindo deste modo a pesquisa. Após a aplicação dos filtros foram encontrados 245 no PubMed e 22 no Science Direct. Os artigos duplicados foram eliminados e foram selecionados de seguida os que cujos títulos e resumos iam de encontro aos objetivos do presente trabalho.

Etapa II – Nesta fase foi realizada a análise de elegibilidade nos restantes artigos, já em full-text, de forma a selecionar os relevantes para este trabalho.

Etapa III- Por fim, os artigos que cumpriram os requisitos da análise anterior foram avaliados na íntegra e analisados individualmente.

Figura 1- Fluxograma PRISMA



4. Desenvolvimento

4.1. Tratamento ortodôntico

Desde cedo que há suscetibilidade de desenvolvimento de má-oclusões dentárias e esqueléticas. A realização de uma avaliação e intervenção precoce da parte do médico dentista é crucial para o sucesso do tratamento ortodôntico. A utilização de um aparelho ortodôntico durante o crescimento de um indivíduo pode corrigir más oclusões em estado inicial, na dentição decídua ou mista, e evitar problemas mais graves na dentição permanente, prevenindo a utilização posterior de tratamento ortodôntico ou reduzir o seu tempo de utilização.⁹

De forma a proteger os pacientes de problemas com maior gravidade, é possível realizar um tratamento interceetivo, que tem como objetivo a eliminação de hábitos prejudiciais e efetuar correções dento-esqueléticas em idade precoce. Os hábitos orais são comportamentos repetitivos na cavidade oral que resultam em perda da estrutura dentária e incluem sucção digital e labial, bruxismo, respiração oral, interposição da língua, e a deglutição atípica, dentro destes destacam-se a deglutição atípica com interposição lingual, sucção digital e a interposição labial que devem ser eliminadas logo que detetados, pois sendo problemas muito comuns em bebés e crianças, são prejudiciais à qualidade de vida dos mesmos.¹⁰

Os hábitos orais mencionados em cima como a respiração oral, deglutição atípica e a interposição lingual podem estar relacionados com o aparecimento da mordida aberta anterior. De forma a corrigir esta anomalia, é sugerida a utilização de uma grelha lingual que tem como funções impossibilitar a interposição lingual durante a fala e servir de barreira para o hábito de sucção digital, impedindo assim que a língua se apoie entre as arcadas e o que contacto do dedo da criança com a cavidade oral seja impedido, sendo considerado um dispositivo passivo e adaptada a aparelhos aplicados na arcada superior. No entanto, mesmo com a utilização da grelha lingual é importante que seja realizada a reeducação da língua realizada por um terapeuta da fala, antes, durante e após o tratamento ortodôntico, juntamente com a eliminação dos maus hábitos orais

desencadeantes deste problema, para que assim, seja estabelecida uma oclusão normal.¹⁰

11

A interposição ou sucção labial provoca para além da hipertonicidade do lábio inferior, protrusão dento-alveolar superior e inclinação lingual dos incisivos inferiores, que pode ser corrigida com o aparelho *lip bumper*. O *lip bumper* diminui a necessidade de extrações, reduzindo o apinhamento ântero-inferior e aumentando a largura do arco, para além disto reduz também o overjet e, por conseguinte, elimina o hábito de interposição labial.^{12, 13}

As correções dento-esqueléticas integram as mordidas cruzadas anteriores; mordidas cruzadas transversais, nas quais estão as cruzadas dento-alveolares, funcionais, esqueléticas, em tesoura e por fim; a mordida aberta esquelética.

As mordidas cruzadas anteriores são definidas como uma situação em que um ou mais dentes ântero-superiores estão posicionados lingualmente em relação aos ântero-inferiores, podendo ser de origem esquelética ou dentária. Esta mordida é corrigida geralmente com aparelhos removíveis. Em relação aos tipos de aparelhos removíveis pode ser utilizado placas de Hawley com molas em Z, planos inclinados fixados em acrílico, aparelho Bruckl e também o Catlan que se mostrou eficaz na correção da mordida cruzada dentária anterior.¹⁴ Tanto os aparelhos removíveis como os alinhadores transparentes demonstraram ser eficientes, e também aparelhos fixos, que podem ser utilizados com molas linguais e parafusos de expansão.¹⁵

Quando se visualiza uma relação anormal, vestibular ou lingual de um ou mais dentes superiores, com um ou mais dentes inferiores, e as arcadas dentárias estão em relação cêntrica é diagnosticada uma mordida cruzada transversal ou posterior.¹⁶ A mordida cruzada posterior pode ser classificada de três formas diferentes: por mordida cruzada dento-alveolar, quando é gerada por um grupo dentário posterior sem desvio da linha média ou por má oclusão individual, por mordida cruzada esquelética, quando existem alterações nas bases ósseas fazendo com que os dentes não ocluam como deveriam, ou também, pode ser designada por mordida cruzada funcional, se a má oclusão for decorrente de um deslocamento da mandíbula, havendo desvio da linha média, do mento e assimetria facial quando o indivíduo oclui.¹⁷ A mordida cruzada dento-alveolar pode ser ajustada através de

uma expansão lenta da maxila com aparelhos removíveis com parafuso expensor e molas *coffin* ou com aparelhos fixos como o Quad-Helix e o arco em W, a utilização de aparelhos de expansão dentária em pacientes com dentição decídua, para além dos efeitos ortodônticos dentários, pode também desencadear a abertura da sutura palatina mediana pela resistência óssea débil destes indivíduos.¹⁸ Nas mordidas cruzadas funcionais o paciente apresenta interferências oclusais e a mandíbula está deslocada para a direita ou para a esquerda. Em casos mais simples, o tratamento é executado com a aplicação de elásticos intermaxilares cruzados e rampas de compósito ou aplicação de aparelhos removíveis para expansão do arco dentário superior, já em casos mais complexos, é utilizado o aparelho Quad-helix e disjuntores.¹⁷ A mordida cruzada esquelética pode ser tratada com aparelhos de expansão rápida maxilar como o Haas e Hyrax por serem os mais indicados devido à aplicação de forças no palato e/ou sobre a face palatina dos dentes superiores, de modo a abrir a sutura palatina mediana e a consequente extensão palatina.¹⁸ O aparelho Hyrax é frequentemente utilizado para expansão maxilar assim como o Haas, sendo a principal diferença o suporte acrílico no palato que o Haas possui. Embora ambos sejam eficazes no aumento a dimensão transversal da maxila, este último é o de eleição devido à ancoragem fornecida pela sua porção de acrílico.¹⁹

A mordida em tesoura ou também designada por Síndrome de Brodie, é uma anomalia rara em que há ausência de intercuspidação dos dentes postero-superiores com os homólogos inferiores.²⁰ De forma a realizar um diagnóstico precoce da mordida em tesoura é crucial corrigir a inclinação dos dentes mal posicionados e, evitar um deslocamento lateral da mandíbula antes que a remodelação adaptativa da ATM possa causar crescimento mandibular assimétrico. Aparelhos de expansão mandibular com placa de mordida e elásticos mostraram ser eficazes para corrigir a oclusão.²²

A mordida aberta esquelética contrariamente à mordida aberta dentária, não é apenas solucionada através do uso de grelhas linguais, mas sim, com a utilização de aparelhos ortodônticos extraorais. Este tipo de mordida é caracterizado pela presença de ângulos goníacos e do plano mandibular aumentados e altura facial anterior inferior aumentada, além de uma mandíbula retrognática, o que origina um desequilíbrio entre os terços faciais médio e inferior faciais.^{11,21}

Apesar de existirem os tratamentos mencionados em cima, muitos indivíduos não recebem tratamentos ortodônticos precocemente, tendo depois de proceder ao tratamento mais tarde, onde já possuem uma maior preocupação estética, dificultando a decisão de recorrer ou não a aparelhos ortodônticos convencionais.

4.1.1 Aparelhos ortodônticos fixos

O tratamento ortodôntico em crianças e adolescentes é realizado de forma diferente de um adulto, pois neste caso, é importante corrigir simultaneamente a componente dento-alveolar e esquelética, uma vez que estes indivíduos apresentam potencial de crescimento. Em pacientes adultos a correção centraliza-se na compensação dento-alveolar, já que não se apresentam em fase de desenvolvimento.²³ Cada vez existem mais indivíduos a recorrerem à ortodontia devido à importância crescente que os padrões de beleza assumem na sociedade, que juntamente com a necessidade funcional, os levam a aderir ao tratamento.

A movimentação dentária consiste num processo biológico iniciado por forças aplicadas nas peças dentárias, principalmente no osso alveolar e ligamento periodontal, influenciado pela mineralização dos tecidos.^{23, 24} Para a realização de correção ortodôntica, é possível escolher entre um aparelho fixo ou removível. Os aparelhos fixos são aplicados com brackets colados aos dentes, por bandas ortodônticas e por um arco ortodôntico que os une, permitindo ao ortodontista controlar o movimento dentário ao longo do tratamento através de pequenos ajustes do arco regularmente.²⁴ Um tratamento com aparelho fixo geralmente tem uma maior duração que os removíveis de aproximadamente 24,9 meses, pelo que deve ser informado aos pacientes o tempo previsto de tratamento, devendo também ser referido as desvantagens associadas ao seu uso prolongado.²³ Os efeitos adversos mais comuns durante a utilização de aparelho fixo são as reabsorções radiculares e complicações periodontais, pois o aparelho influencia a microbiota oral, alterando a quantidade de bactérias associadas às periodontites na saliva (*prevotella intermedia*, *tannerella forsythia*, *aggregatibacter actinomycetemcomitans*, *porphyromonas gingivalis*) causando disbiose microbiana.²⁵ O facto da maior parte da população portadora de aparelho fixo ser adolescente faz com que haja maior tendência a serem diagnosticadas cáries incipientes, cavitadas e não cavitadas, devido à sua predisposição para consumirem mais alimentos com açúcar e, seguirem uma dieta menos regrada. Isto provoca um aumento de aparecimento de lesões de cárie e de inflamação gengival pela maior probabilidade de possuírem uma higiene menos cuidada, sendo necessária a realização de protocolos de higiene para evitar o aumento da concentração de bactérias que produzem ácido e que causam a desmineralização do esmalte.^{26, 27} O ortodontista deve alertar os pacientes para

estes aspetos e informar que este tipo de aparelho pode afetar a fala e a alimentação, uma vez que, pode provocar dificuldade em ingerir alimentos duros e impactação alimentar.²⁷

Os aparelhos fixos podem ser convencionais ou autoligáveis. Nos aparelhos convencionais o arco ortodôntico está ligado aos brackets através de ligaduras metálicas ou elásticas, de que são exemplo as borrachas coloridas que atraem os mais novos. Os autoligáveis surgiram numa tentativa de diminuir o tempo de tratamento e a frequência das consultas, dado que já não estão presentes as ligaduras metálicas ou elásticas e o arco liga-se diretamente aos brackets, estes por sua vez, diminuem o atrito entre o bracket e o fio, o que significa que, há uma menor resistência ao deslizamento, menor força ortodôntica e maior eficácia e eficiência durante o alinhamento dentário. Os brackets podem ser ativos, se exercerem uma leve pressão no arco, e também, passivos, se aplicarem uma pressão reduzida, causando menor fricção. ⁶ A utilização de brackets metálicos sempre foi muito comum, mas visto que constituem um problema estético para o paciente, por afetar o sorriso, são utilizadas alternativas como os brackets estéticos de cerâmica, plástico ou safira para que o uso de aparelho não seja tão perceptível. Para além disto, os aparelhos linguais também se mostraram eficazes esteticamente, pois neste caso o aparelho é colocado por lingual. Apesar disto, a utilização destes aparelhos não é muito comum por possuir desvantagens para o paciente, como a irritação da língua, necessitar de mais tempo de utilização do que os vestibulares e, pelo ortodontista precisar de muita destreza para realizar o tratamento. ²⁸ Aparelhos removíveis como os alinhadores transparentes são também uma opção estética que tem aumentado significativamente nas últimas décadas, por ser discreto e assim, ser difícil de detetar visualmente comparativamente aos fixos. ²⁹

4.1.2 Alinhadores ortodônticos Invisalign®

Os alinhadores transparentes surgiram como uma alternativa estética aos aparelhos fixos e desde que foram introduzidos estão em constante evolução. Em 1945, foi inserida pela primeira vez a teoria do uso de alinhadores transparentes para fazer pequenas correções após a utilização de aparelho fixo, mas a tecnologia era muito elementar e os movimentos dentários eram difíceis de executar, para além do facto, de só se conseguir mover a coroa clínica e de ser necessário moldagens periódicas para se conseguir fabricar alinhadores consecutivos.³⁰ Tal como os aparelhos fixos, o uso de alinhadores também possui diferentes formas de ação e aplicabilidade em vários tipos de má-oclusões. Os alinhadores transparentes inicialmente eram utilizados para resolver pequenas irregularidades de posicionamento dentário, sendo que alguns ainda permanecem limitados a essas funções, enquanto outros são capazes de resolver problemas oclusais mais complexos.³¹

Os sistemas de alinhadores transparentes incluem-se em três gerações de acordo com o nível de desenvolvimento tecnológico. A primeira geração é caracterizada por um tratamento ortodôntico muito simples, onde os alinhadores transparentes não possuíam elementos auxiliares integrados. Na segunda geração, com o desenvolvimento dos sistemas de alinhamento, foram introduzidos acessórios para melhorar a movimentação dentária, como a colocação de attachments de resina composta nos dentes e a utilização de elásticos intermaxilares. Por último, na terceira geração, de modo a melhorar os resultados ortodônticos e conseguir um melhor controlo dos movimentos dentários, os attachments já podem ser aplicados pelo software do técnico, nos locais onde se pretende a realização de extrusões, rotações ou movimentos radiculares, para assim controlar a força realizada pelos alinhadores. Estes attachments são utilizados para melhorar o movimento dentário e podem ser várias formas, retangular, elipsóide e biselado. Os retangulares são ideais para quando são necessários grandes movimentos mesio-distais. Os elipsóides são utilizados especialmente para execução de movimentos radiculares quando usados em pares ou para movimentos de rotação, se aplicados individualmente. Estes últimos são aplicados nos incisivos, caninos e pré-molares. Já os biselados são particularmente úteis para a realização de extrusões dentárias.³⁰

O sistema invisalign®, lançado em 1998 pela *Align Technology*, foi o primeiro a ser auxiliado com o sistema CAD/CAM, permitindo simular correções e visualizar os movimentos dentários a partir de uma única impressão das arcadas. O modelo é corrigido virtualmente, segundo o plano de tratamento desenvolvido pelo ortodontista, através de uma tecnologia digital tridimensional (3D) e de um *software* designado *Clin Check*, que torna possível a manipulação das imagens 3D das arcadas. Para que com isto, seja possível produzir uma série de estágios de pequenas e sucessivas movimentações dentárias, em que para cada estágio, é construído um modelo estereolitográfico, sobre os quais são produzidos os alinhadores adaptados às arcadas dentárias.³² O tratamento com este tipo de aparelho é composto por uma série de aparelhos transparentes removíveis, que consoante os movimentos dentários, vão sendo substituídos por novos, movendo os dentes gradualmente, até que atinjam a posição almejada, utilizando goteiras confortáveis e removíveis, adaptadas de acordo com as necessidades individuais do paciente.^{7, 32, 30}

O invisalign® não se torna incomodativo esteticamente como os aparelhos fixos, por não possuir nenhum componente em metal, além de evitar o aparecimento de qualquer reação alérgica a este material. O mesmo é benéfico para a saúde oral, pois o facto destes aparelhos serem removíveis torna a limpeza da cavidade oral mais simples e eficaz.⁷ Podem ser tratados com este aparelho pacientes que sofram de hábitos parafuncionais noturnos, dado que os alinhadores têm a capacidade de prevenir o desgaste oclusal e reduzir o desconforto muscular e articular; indivíduos que possuam extensas restaurações e/ou próteses que dificultem a adesão de brackets ortodônticos; apinhamento de 1-5mm; diastemas de 1-5mm; casos com overbite aumentado, ou seja, mordidas profundas, em que auxiliam na intrusão anterior e desoclusão posterior e; por último, em arcadas atrésicas que podem ser expandidas sem grande inclinação dentária. De forma a reduzirem as limitações do uso destes aparelhos e auxiliar no controlo da ancoragem, são colocados attachments em resina composta aderidos ao esmalte dentário, para ajudar na intrusão, rotação, verticalização dentária ou fecho de diastemas e também elásticos intra e intermaxilares. Estes elásticos podem ser apoiados em botões aderidos aos dentes ou a *Precision Cuts*.^{31, 32}

Tal como todos os aparelhos, os alinhadores podem provocar efeitos indesejados, tais como distúrbios da fala, fluxo salivar aumentado e disfagia que são comuns em pacientes portadores de aparelhos removíveis. Estes aparelhos possuem a desvantagem de depender do paciente para demonstrarem a sua eficácia, não tendo o profissional

controlo na quantidade de vezes que o paciente interrompe o tratamento, dado que estes apenas devem retirar o alinhador durante as refeições e para realizar a sua higiene oral, ademais este tipo de aparelho é mais dispendioso que os fixos, podendo constituir um obstáculo para quem é economicamente desfavorecido. Foi relatado em estudos anteriores que 50% dos portadores de invisalign® não sofrem alterações ao nível da fonética desde o início do tratamento, embora outros estudos mais recentes tenham afirmado que pode provocar alterações significativas na articulação de consoantes alveolar friccionais (s, z), com isto, o paciente deve ser alertado, pelo facto da sua comunicação poder ficar comprometida.³³ Apesar destes inconvenientes, os alinhadores são uma opção atrativa, visto que são recomendados para pacientes com risco de desenvolver problemas periodontais, por ser benéfico para a manutenção da saúde periodontal relativamente aos aparelhos fixos, ser removível e de fácil higienização, necessitando somente de uma solução antisséptica para desinfeção do alinhador. A utilização do Invisalign® pode ser aconselhada tanto em pacientes em crescimento, aplicando o sistema Invisalign® First, como em adolescentes e adultos. Uma vez que estes últimos já possuem uma preocupação estética maior, e sendo este um aparelho discreto, muitos pacientes não recorreriam a um tratamento ortodôntico com um aparelho fixo, sendo esta uma opção viável, levando a uma maior cooperação do paciente.^{32, 34}

4.2 Aceleradores de movimento ortodôntico

A ortodontia tem estado em constante evolução para corresponder às expectativas dos pacientes, recorrendo a novas tecnologias, como a softwares que auxiliam no planeamento do tratamento e à modificação constante dos constituintes dos aparelhos fixos. Apesar do aumento da eficiência biomecânica, há ainda necessidade de procurar novos métodos para acelerar o movimento ortodôntico. Atualmente, a redução do tratamento ortodôntico constitui um desafio para o ortodontista, visto que, quanto maior o tempo de tratamento, maior é o risco de aparecimento de lesões de cárie devido à uma higiene dentária insatisfatória, recessão gengival e reabsorção radicular.³⁵ Um tratamento ortodôntico tem uma duração que pode variar geralmente de 24 a 36 meses e está dependente de vários fatores, como a colaboração do paciente, a necessidade de extrações, experiência clínica e gravidade do caso, pois de acordo com estudos anteriores, pacientes com má-oclusão classe II necessitam de mais cinco meses de tratamento que casos em que possuem classe I com um overjet fora da norma.^{36, 37} O movimento ortodôntico ocorre na presença de um estímulo mecânico, que provoca a remodelação do osso alveolar e do ligamento periodontal. O sistema biológico do dente reage à variação da magnitude, direção das forças e ao tempo de aplicação da mesma através de células recetoras e da cascata de sinalização que realizam a remodelação óssea e conseqüentemente a movimentação dentária. A força aplicada provoca mudanças no ligamento periodontal, em virtude de alterações do fluxo sanguíneo resultando na secreção de mediadores inflamatórios, como citocinas, fatores de crescimento, neurotransmissores e metabolitos do ácido araquidónico, e com isto, estimular a remodelação óssea. A remodelação óssea consiste num procedimento de reabsorção e neoformação óssea no local de aplicação de forças ortodônticas.^{35, 37} Existem três etapas do movimento dentário, a fase inicial após a aplicação da força, é caracterizada por movimentos rápidos, seguido por um período de latência, onde pode haver pouco ou nenhum movimento, e a última etapa, onde progressivamente ou repentinamente ocorre um aumento do movimento.³⁵

De forma a acelerar o tratamento ortodôntico, dado que os pacientes têm preferência num tratamento com menor duração, várias empresas investigam outras técnicas para diminuir o tempo de tratamento e oferecem cursos de ortodontia com o objetivo de darem a conhecer métodos que visam aumentar o movimento ortodôntico.

Existem intervenções cirúrgicas e não cirúrgicas que podem influenciar a aplicação da força e a resposta biológica dos tecidos dento-alveolares à mesma.³⁶

Apesar de se poder optar por um tratamento fixo auto ligável, como mencionado anteriormente, para reduzir o tempo de tratamento ortodôntico, existem também outras intervenções não cirúrgicas, como a abordagem biológica. O plasma rico em plaquetas pode ser usado também para acelerar o alinhamento dentário em casos de apinhamento anterior. Substâncias como as prostaglandinas demonstraram ser uma opção na tentativa de alterar as respostas biológicas do paciente para aumentar o movimento, já que em estudos a injeção da mesma alcançou bons resultados, embora sejam necessários ainda mais estudos para o confirmar.^{35, 36} A hormona paratiroideia é responsável pela regulação da velocidade de movimentação ortodôntica por estar relacionada com a remodelação óssea, esta hormona é secretada pelas glândulas da paratiróide, regula o equilíbrio do metabolismo do cálcio e do fósforo no organismo e está envolvida na síntese e no catabolismo do osso. O efeito da hormona para-tiróideia exógena na remodelação óssea está dependente da dose e da via de administração. Embora a dose aconselhada desta hormona não tenha sido ainda estabelecida, esta hormona afeta o movimento dentário, a formação óssea e reabsorção de tecidos periodontais.³⁸ A membrana de casca de ovo tem sido utilizada como componente de várias formulações para melhorar a cicatrização de feridas por conter colagénio, promovendo a síntese do mesmo. Já a vitamina C desempenha um papel importante na síntese do colagénio e remodelação óssea no tecido periodontal. Estudos realizados forneceram evidências de que a aplicação desta vitamina e da membrana de casca de ovo aumenta a expressão de colagénio e melhora a remodelação óssea, possuindo particular importância na proteção periodontal e aceleração do movimento dentário. A administração conjunta destas duas substâncias favorece a regeneração do tecido periodontal durante o tratamento ortodôntico, fazendo com que os dentes se movam mais rapidamente e reduzindo assim o tempo de utilização do tratamento ortodôntico.³⁹ Como a remodelação óssea alveolar envolve uma ação equilibrada entre osteoclastos e osteoblastos, existem diversos mediadores, como citocinas e fatores de crescimento que são libertados do ligamento periodontal e do osso para a osteoclastogénese. O RANKL, é responsável pela remodelação osteoblástica e está envolvida na ação do movimento dentário. O RANKL é uma proteína ligada à membrana nos osteoblastos que se ligam ao RANK nos osteoclastos e causa osteoclastogénese. Por outro lado, OPG compete com o RANKL na ligação ao

osteoclasto para inibir a osteoclastogênese. O processo de osso a remodelação é um equilíbrio entre sistemas (RANKL-RANK). Uma injeção local de RANKL pode estimular a expressão desta proteína, acelerando o movimento dentário.³⁵ A vitamina D é uma substância que atua nos osteoblastos maduros, diminuindo a taxa de reabsorção óssea e também nos osteoblastos menos maduros, realizando o processo contrário, aumentando a relação RANKL/OPG, estimulando assim a reabsorção óssea. Segundo Almoammar et al., em estudos anteriores foi verificado que esta vitamina aumenta a quantidade de osteoclastos e, com isto, também a taxa de reabsorção óssea, originando um aumento do movimento ortodôntico e logo, melhorando o posicionamento dentário. A vitamina D3, forma ativa da Vitamina D, também mostrou ser eficaz em promover o movimento dentário, visto que possui uma forte influência na formação óssea e podem melhorar a regeneração tecidual.^{35, 40, 41} A relaxina, hormona que auxilia na regeneração dos tecidos moles e está presente no ligamento periodontal, embora ainda necessite de mais investigações, exibiu bons resultados como estimulante do movimento dentário, mas ainda é incerto se realmente têm efeito positivo como acelerador de movimento.³⁵ Por fim, a nicotina, componente mais prejudicial do tabaco, tem um efeito negativo no periodonto, na osseointegração de implantes, na cicatrização e regeneração de defeitos ósseos, provoca também efeitos indesejáveis durante o tratamento ortodôntico, como a adesão dos brackets inadequada, comprometimento da remodelação óssea, eleva a atividade dos osteoclastos, estimulando a diferenciação dos mesmos e a reabsorção do fosfato de cálcio, que é o principal componente do osso, aumentando o processo de reabsorção e acelerando o movimento ortodôntico. Foi comprovado que o efeito desta substância é dependente da dose, ou seja, quanto maior o número de cigarros consumidos, maior a reabsorção óssea e movimento dentário. Estes inconvenientes tornam esta substância prejudicial à saúde oral, fazendo com que as injeções de nicotina utilizadas para acelerar a remodelação óssea não sejam uma boa alternativa.^{37, 42}

Para além destas alternativas, há disponível intervenções não cirúrgicas que são realizadas com auxílio de um dispositivo. A utilização de corrente elétrica é uma delas, este método demonstrou ser efetivo para estimular a remodelação óssea e acelerar o movimento dentário comparativamente aos dentes com apenas a aplicação de força ortodôntica. De forma a introduzir um dispositivo para este feito na cavidade oral, tem sido investigado a aplicação de uma microbateria enzimática que usa glicose como fonte de energia. Esta

microbateria é não invasiva, não provocando por isso, lesão nos tecidos pelo seu ínfimo tamanho.^{35, 43}

As intervenções cirúrgicas visam acelerar o processo biológico de resposta do ligamento periodontal e do osso alveolar, induzindo um movimento mais rápido do processo fisiológico de remodelação alveolar e assim gerar uma resposta tecidual mais rápida do que num processo de regeneração normal. A execução de uma cirurgia alveolar interseptal é uma das técnicas utilizadas, em que há distração dentoalveolar e do ligamento periodontal. Um exemplo desta cirurgia é a distração canina rápida, que é realizado com uma osteotomia interseptal do osso medular, distalmente ao canino, enquanto se extrai os primeiros pré-molares juntamente com o seu osso vestibular sobrejacente, diminuindo assim, a resistência do osso e facilitando o movimento dentário. Outra técnica é a execução de micro-osteoperfurações que consiste numa forma menos invasiva de perfurar a mucosa e o osso adjacente aos dentes onde é se quer induzir o movimento. Outra opção é a realização de uma cirurgia prévia. Nos casos que implicam uma cirurgia ortognática, esta pode ser realizada previamente ao tratamento ortodôntico. Isto tem como o objetivo iniciar o tratamento ortodôntico após a cirurgia, fase em que os tecidos respondem ao processo de regeneração mais rápido, permitindo uma correção dentária menos demorada. Por fim, administrações locais de osteocalcina, proteína mais abundante no osso, tiveram efeitos positivos na movimentação dentária, devido à sua capacidade de potenciar a maturação e aumentar o número de osteoclastos, dando origem à osteoclastogénese.^{35, 36}

Métodos de aceleração cirúrgicos como a corticotomia combinada com piezocisão e não cirúrgicos como a fotobiomodulação ou laser de baixa intensidade e suplementos de vibração de alta e baixa frequência, são alternativas que vão ser abordadas posteriormente, porque são técnicas estudadas para reduzir o tratamento ortodôntico com o sistema Invisalign®.

4.2.1 Aceleradores de movimento ortodôntico utilizados no sistema Invisalign®

4.2.1.1 Fotobiomodulação

Apesar da introdução ao uso de alinhadores, e das vantagens que estes possuem, como a previsibilidade de resultados, atualmente há cada vez mais exigência da parte dos pacientes, que requerem resultados ainda mais rápidos, ⁴⁴ tendo sido desenvolvidos novos métodos para reduzir o tempo de tratamento, como os mencionados anteriormente e os que ainda vão ser referidos.

A fotobiomodulação, também designada por terapia com luz de baixa energia, em que é utilizado um laser de baixa intensidade ou de diodo emissor de luz (LED), é um método que utiliza luz na faixa visível e infravermelho do espectro de comprimento de onda para 600-1000nm, não invasivo, que provoca uma radiação que estimula as células fazendo com que os fotões sejam absorvidos em mitocôndrias, estimulem a produção de adenosina trifosfato (ATP) e diminuam os níveis de espécies reativas de oxigénio (ROS). Isto faz com que a proliferação e diferenciação de osteoblastos, osteoclastos, fibroblastos e células do ligamento periodontal seja estimulada, incitando a síntese de colagénio, angiogénese e remodelação óssea, pelo aumento do número de osteoclastos, contribuindo para o aumento do movimento ortodôntico. ^{45, 46, 47} Existem vários tipos de laser, com diferentes tipos de comprimento de onda, densidade energética e potência. De acordo com AlShahrani et al., o laser com de 750 a 900nm é o melhor para conseguir mover os dentes ortodonticamente, segundo a lei de Arntz Schutz, que defende que comprimentos de onda mais baixos, possuem efeitos estimulantes nos tecidos. Relativamente à densidade de energia, são necessários mais estudos, mas uma densidade dentro de 2,25 a 8 J/sq.cm é aconselhada, assim como a potência de 20-100 mW. Estes valores são atualmente os indicados para se proceder a um movimento ortodôntico mais rápido. ⁴⁷ Para aplicar este método, existem diferentes dispositivos. O laser portátil é um destes, que apresenta como inconvenientes o facto de precisar um operador apto para o utilizar, necessitar de uma consulta mais longa por carecer de mais tempo para a aplicação do laser, e de precisar de um maior número

destas. Os dispositivos extraorais também não são ideais por terem uma densidade de potência alta e necessitar, tal como o anterior, de um tempo de tratamento mais longo. Os dispositivos intraorais, como o Orthopulse® previnem consultas longas, pois a sua aplicação é feita pelo próprio paciente, reduzindo a absorção de luz pelos tecidos moles devido ao contacto direto do dispositivo com os tecidos periodontais e osso alveolar. O Orthopulse® possui bons resultados como acelerador ortodôntico, aumentando significativamente o movimento dentário. Segundo Shaughnessy et al ⁴⁶., em casos com necessidade de alinhamento dentário anterior, este aparelho conseguiu mover a arcada dentária com um valor médio de 1.27 mm por semana, demorando 48 dias para corrigir a oclusão, comparativamente com os 104 dias necessários se não fosse aplicado dispositivo intraoral. De um modo geral, este aparelho aumentou a taxa de movimentação ortodôntica, diminuindo em 54% o tempo de tratamento. Apesar dos dispositivos intra-orais serem eficazes no aumento do movimento com aparelhos fixos, em pacientes portadores alinhadores invisalign®, este método tem sido alvo de investigações para comprovar a sua eficácia.

4.2.1.2 Corticotomia

A corticotomia é um método cirúrgico invasivo que visa aumentar o movimento ortodôntico em tratamentos ortodônticos tanto com aparelhos fixos convencionais como com alinhadores. Esta técnica envolve apenas o corte de osso cortical, sem perfurar o osso trabecular ou medular, reduzindo a resistência do osso cortical durante o movimento ortodôntico e fazendo assim, com que seja possível um movimento dentário mais rápido.⁴⁸
³⁵ O movimento dentário deve-se à remodelação óssea no local submetido à cirurgia através de um processo de desmineralização e mineralização, denominado por RAP. Este procedimento é feito com anestesia local, embora a sedação intravenosa possa ser utilizada para um melhor conforto do paciente. Esta técnica é executada com recurso a brocas de cirurgia, peças de mão, lâminas, martelos, laser e dispositivos como o aparelho piezoelétrico. O procedimento cirúrgico consiste em realizar retalhos de espessura total e perfurar seletivamente o osso vestibular e lingual entre os dentes a mover, fazendo um enxerto ósseo e suturando no final. A combinação da corticotomia com um enxerto ósseo é benéfico por permitir o aumento da gengiva aderida e auxilia na cicatrização da cortical alveolar, deiscências e fenestrações. A corticotomia pode ser vertical, fazendo cortes verticais entre as raízes idealmente de 2 a 3 mm abaixo da crista alveolar. Por outro lado, pode ser horizontal, sendo executada de 3 a 5 mm da parte apical da raiz entre os cortes verticais. Após a cirurgia, os tecidos moles são suturados.^{35, 48, 50}

Esta forma de aumentar o movimento dentário ortodôntico tem como desvantagens a pouca aceitação da parte dos pacientes devido ao tratamento ser invasivo, causar dor ao ingerir alimentos e haver mais probabilidade de surgir complicações no pós-operatório. Consequências como problemas periodontais, podem ser ultrapassados, pela preservação de 2mm de gengiva aderida e pelo alívio das incisões, por não suprimir o fluxo sanguíneo. Contudo, segundo Abbas et al., 2016, alguns autores afirmam que esta cirurgia pode minimizar os efeitos indesejáveis do tratamento ortodôntico convencional, como a reabsorção radicular, e problemas periodontais, embora ainda seja um assunto que suscita dúvidas. Esta técnica é recomendada no tratamento de más oclusões de classe I, classe II e para más oclusões classe III leves, em casos de necessidade de retração canina e de dentes anteriores, verticalização molar, correção de mordida em tesoura, rápida expansão maxilar e tem benefícios, como o aumento alveolar, originado após a realização de uma

corticotomia, que pode aumentar o volume ósseo maxilar ou mandibular, permitindo a proteção das vias aéreas e com isto, prevenir distúrbios de sono. Por outro lado, é contraindicado em pacientes com periodontite ativa, com tratamentos endodônticos mal realizados, quando estão medicadas com bisfosfonatos e anti-inflamatórios e também em pacientes que são submetidos a radioterapia.^{48, 49, 50}

Para a corticotomia se tornar uma cirurgia menos invasiva outros procedimentos têm sido combinados com este procedimento, como a corticotomia assistida por laser, corticisão, discissão, micro-osteoperfuração e piezocisão.⁴⁹

A piezocisão é utilizada em tratamentos com aparelhos ortodônticos fixos e no sistema invisalign®, para reduzir o tempo de tratamento ortodôntico de má-oclusões classe II e III. A ortodontia facilitada por corticotomia e piezocisão é uma alternativa eficaz para diminuir o tempo necessário para a retração canina e reduzir também a reabsorção radicular em adultos. A piezocisão é um procedimento cirúrgico sem elevação do retalho, com uma incisão interdentária gengival, que é executada com recurso a um aparelho piezoelétrico, incluindo ou não um enxerto ósseo. Nesta técnica utiliza-se um ultrassom piezoelétrico para incisões realizadas no osso cortical. Este método é seguro, tem a vantagem de minimizar os danos provocados nos tecidos, embora precise de mais tempo de utilização do que com brocas convencionais. A piezocirurgia traz vantagens relativamente às brocas cirúrgicas, pois o procedimento com recurso à piezocisão otimiza a cicatrização óssea, facilita a integridade e preservação da raiz, não interfere com os tecidos moles pela sua especificação em tecidos mineralizados, e pode ser conjugada com enxertos de tecido mole ou ósseo, através de cortes gengivais, o que permite a correção de retrações gengivais e defeitos ósseos.^{49, 50}

4.2.1.3 Suplemento vibratório de baixa frequência

Um dos métodos não cirúrgicos de aceleração ortodôntico é a utilização da tecnologia vibratória, que possui vantagens como ser um método acessível do ponto de vista económico, ser de fácil utilização, permitindo a sua utilização fora do consultório e não possuir desvantagens conhecidas. A vibração de baixa frequência para além de promover consolidação de fraturas e reforço ósseo na osteoporose, tem sido aplicado em Ortodontia, pela sua capacidade de promover a proliferação e diferenciação das células periodontais e também por desenvolver resultados satisfatórios no aumento da remodelação óssea e atividade osteoclástica.^{51, 52, 53} Os dispositivos vibratórios podem ser classificados como de alta frequência se produzirem uma frequência de ≥ 90 Hz, e de baixa frequência, se produzirem uma frequência de ≤ 45 Hz.⁵⁶ O suplemento vibratório de baixa frequência em alguns estudos animais, conduziu a uma aceleração do movimento dentário, ao provocar alterações periodontais e conseqüentemente uma reação inflamatória. Para desencadear a transmissão de impulsos desde a raiz dentária até ao osso alveolar, foi desenvolvido um dispositivo denominado AcceleDent®, que gera forças vibratórias de baixa frequência com uma frequência de 30 Hz e a 0.25 N. O mesmo é indicado para o paciente morder levemente durante 20 minutos por dia de forma a acelerar o movimento ortodôntico. Apesar de alguns estudos realizados em animais, *in vitro* ou em humanos terem sugerido que não existe aumento da movimentação ortodôntica, outros obtiveram bons resultados.^{55, 53} Segundo Lombardo et al.,⁵³ em estudos anteriores, o AcceleDent® com o tempo e características de utilização mencionadas anteriormente demonstraram-se eficazes em aumentar a movimentação canina durante o fechamento do espaço após extração do primeiro pré-molar num tratamento com aparelho fixo. Relativamente à utilização de alinhadores transparentes, segundo o mesmo autor, este dispositivo é também uma boa opção para acelerar o tratamento com alinhadores que são substituídos a cada 14 dias. Embora em algumas pesquisas este método seja benéfico para o aumento do movimento dentário ortodôntico, existem ainda controvérsias por nem todos comprovarem a sua eficácia e por este motivo, são necessários mais estudos que a corroborem.

4.2.1.4 Suplemento vibratório de alta frequência

A aplicação da tecnologia vibratória de alta frequência (120 Hz) aquando da utilização de aparelho ortodôntico tem demonstrado produzir um aumento da resposta inflamatória do ligamento periodontal, elevando o número de células osteoclásticas que são essenciais para o movimento ortodôntico, devido ao seu efeito catabólico.⁵⁴ A aplicação do dispositivo de vibração de alta frequência diretamente nos dentes submetidos a tratamento ortodôntico induz uma resposta inflamatória no ligamento periodontal que provoca remodelação óssea e a diminuição da densidade óssea, e conseqüentemente um aumento do movimento dentário. A determinação da frequência e duração do tratamento é muito importante, pois a partir de um certo valor, a aceleração dentária estagna, assim como se for aplicada valores baixos, a aceleração do movimento pode não se verificar. Este suplemento diminui o risco de reabsorção radicular, que é uma consequência muito comum do tratamento ortodôntico, pois aumenta o número de osteoclastos na superfície do osso alveolar e não na raiz dentária.⁵⁶ A vibração de alta frequência pode ser aplicada por dispositivos VPro como a VPro 5 ou VPro+. Em alguns estudos realizados, a alta frequência provou auxiliar pacientes portadores de aparelhos fixos, aumentando o movimento dentário, o que sugere que a mesma seja eficaz também com este tipo de aparelhos. A utilização de dispositivo de alta frequência durante 5 minutos por dia é suficiente para obter bons resultados. Altas frequências de 120 Hz, para além de induzir a movimentação ortodôntica com alinhadores e aparelhos fixos também proporcionam maior conforto no uso de alinhadores, pela capacidade de reduzir a dor dentária.^{54, 56} Para além destas vantagens mencionadas, também se mostra benéfico na melhoria da densidade óssea pós-ortodôntica, proporcionando uma melhor estabilidade oclusal e prevenindo a recidiva ortodôntica. O aumento do movimento ortodôntico pode ocorrer devido ao dispositivo permitir uma melhor distribuição das forças durante o tratamento, ou então, pela alta frequência promover uma resposta biológica direta que resulta no aumento da aceleração dentária.^{54,56}

5. Resultados

Conforme a metodologia referida anteriormente, após a aplicação dos critérios de elegibilidade e da elaboração da estratégia de pesquisa foram selecionados 11 artigos científicos, que após a extração das informações pertinentes, foram agrupados na tabela 4. Nesta tabela, estão agrupados estes artigos com os diferentes métodos de aceleração ortodôntica, sendo que para um deles é referido o tipo de dispositivo utilizado e tempo de aplicação do mesmo, quando aplicável, o diagnóstico clínico do indivíduo que foi submetido ao tratamento, o tempo de utilização do sistema Invisalign®, o intervalo de troca de alinhadores, bem como, o número de casos clínicos que cada artigo acompanhou e por fim, se o método avaliado se mostrou eficaz.

Método eficaz			X	?	X	X
Número de casos analisados			2	13	8	30
Duração da aplicação (min/dia)		20	X	X		
		10				
		5			X	X
Troca de alinhadores (intervalo de dias)		7	X	X		X
		5			X	X
		2				(N=15)(N=15)
		3				
Tempo de Utilização do Invisalign® (meses)		19			-	-
		18			-	-
		16			-	-
		13	X (Caso 2)		-	-
		11			-	-
		10			-	-
		9			-	-
		8			-	-
		6			X	-
		5	X (Caso1)		-	-
		3				
	Tipo de acelerador	VPro 5				X
AcceleDent®			X	X		
OrthoPulse®						
Diagnóstico						
Método de aceleração	Vibração de alta frequência				X	X
	Vibração de baixa frequência		X	X		
	Corticotomia combinada com piezocisão					
	Fotobiomodulação					
Autor e ano						
	Orton-Gibbs et al 2015 ⁶³					
	Katchooi et al 2018 ⁶⁴					
	Shipley et al 2018 ⁵⁷					
	Alansari et al 2018 ⁶⁵					

Método eficaz		X	X
Número de casos analisados		1	2
Duração da aplicação (min/dia)	20	NA	NA
	10	NA	NA
	5	NA	NA
Troca de alinhadores (Intervalo de dias)	7		
	5		
	4	X	X
	3		
	2		
Tempo de Utilização do invisalign® (meses)	19		
	18		
	16		
	13		
	11		
	10		
	9		X (caso 2)
	8		
	6	X	
	3		X (caso 1)
Tipo de acelerador	VPro 5	NA	NA
	AcceleDent®	NA	NA
	OrthoPulse®	NA	NA
Método de aceleração	Diagnóstico	Má-oclusão classe III leve.	Caso 1: Mordida aberta anterior; Apinhamento e leve retro inclinação dos incisivos inferiores Caso 2: Apinhamento moderado superior e inferior, Ausência do16 e 36.
	Vibração de alta frequência		
	Vibração de baixa frequência		
	Corticotomia combinada com piezocisão	X	X
	Fotobiomodulação		
Autor e ano		Hannequin et al 2020 ⁶⁶	Caruso et al 2020 ⁶⁷

6. Discussão

Relativamente à fotobiomodulação, o artigo de Ojima et al 2016, acompanhou um caso que para além de ter uma mordida aberta e cruzada superior, possuía também apinhamento ântero-superior e inferior com uma má-oclusão classe I, que sendo submetida à utilização do dispositivo OrthoPulse® demonstrou resultados positivos ao reduzir a troca de alinhadores Invisalign® a cada 3 dias e consequentemente o tratamento em 6 meses sem provocar dor ou pressões excessivas. Segundo Ojima et al 2020, o tratamento de indivíduos com protrusão ântero-superior e apinhamento severo que necessitem de extrair os primeiros pré-molares superiores, pode ser terminado em 8 meses, realizando a mudança de alinhadores a cada 3 dias, se a utilização do Invisalign® for combinada com a aplicação do OrthoPulse®, sendo importante referir que a retração dos dentes anteriores ocorreu em apenas 6 meses. Ojima et al 2018, e Dickerson 2017, tal como os autores anteriores concluíram que a fotobiomodulação providencia bons resultados aos pacientes. O primeiro conseguiu reduzir a troca de alinhadores para apenas 3 dias com a utilização do dispositivo durante 5 minutos em cada arcada, duas vezes por dia, num caso com protrusão ântero-superior, mordida aberta e classe II canina, em que era necessário a distalização dos segundos molares. Com este método, os primeiros molares foram distalizados em 9 semanas e os segundos em apenas 5 semanas, acabando todo o tratamento em 11 meses. Por outro lado, Dickerson 2017, avaliou 2 casos. Um deles apresentava não só apinhamento mandibular leve a moderado e mordida profunda, como também retrognatismo maxilar e mandibular, que através da utilização do dispositivo de fotobiomodulação, viu o seu tratamento otimizado em 10 meses com a possibilidade de mudar de alinhador a cada 2 dias. O segundo caso tratou-se de uma mordida cruzada anterior e apinhamento ântero-inferior, num indivíduo com classe I canina e molar, que foi corrigida em 9 meses com o mesmo método referido anteriormente, permitindo a troca de alinhadores em 3 dias, através da utilização do dispositivo 20 min/dia. Em todos os artigos aqui referenciados, foi aplicado o dispositivo OrthoPulse durante 10 minutos por dia, exceto Ojima et al 2018 e no segundo caso acompanhado por Dickerson 2017, como já mencionado.

A influência da vibração de baixa frequência no sistema Invisalign® tem sido investigada por diversos autores, aplicando um dispositivo designado por AcceleDent®. Estudos realizados por Ojima et al 2014, Orton-Gibbs et al 2015 e Katchooi et al 2018, utilizaram nas suas investigações este dispositivo. Ojima et al 2014 demonstraram que com este aparelho, um caso de classe II molar e esquelética pode ser corrigido em 18 meses, permitindo a troca de alinhadores a cada 5 dias. Segundo Orton-Gibbs et al 2015, através da mudança dos alinhadores do Invisalign® a cada 7 dias, uma classe II esquelética pode ser resolvida em 5 meses. Noutro caso analisado por estes autores, em que estava presente uma retroinclinação bimaxilar e mordida cruzada, foi possível substituir os alinhadores em 7 dias, permitindo concluir o tratamento em 13 meses. Katchooi et al 2018, excluíram do seu estudo, diagnósticos de classe II e mordidas cruzadas posteriores e concluíram que não há evidência que este método permita a troca de alinhadores a cada 7 dias. Todos os estudos mencionados aplicaram o AcceleDent® durante 20 min/dia.

Tal como referido na tabela 4, é utilizado o dispositivo VPro5, de forma a aplicar a vibração de alta frequência. Shipley 2018, procuraram perceber se este dispositivo tem capacidade para acelerar o tratamento de má-oclusões esqueléticas classes I com apinhamento ≤ 5 mm, concluindo que estas podem ser resolvidas em 6 meses, permitindo a troca de alinhadores a cada 5 dias e reduzindo o número de alinhadores utilizados. Outros autores como Alansari et al 2018, concluíram também que este método é válido para resolver diagnósticos de má-oclusão classe I, II, III leves a moderadas. Através dos casos analisados por estes, foi constatado que com a utilização do dispositivo é possível avançar com a permuta de alinhadores a cada 5 ou 7 dias sem prejudicar a eficácia do tratamento. Em ambos os artigos, foi utilizado o VPro5 por 5 min, com uma frequência de 120 Hz, sendo este tempo suficiente para acelerar o movimento.

Por fim, a corticotomia associada à piezocisão, outra técnica executada na tentativa de reduzir o tratamento ortodôntico, pode ser executada em diversos casos de má-oclusão. Esta cirurgia pode ser vantajosa em má-oclusões classe III, reduzindo a utilização do Invisalign® para 6 meses, segundo Hannequin et al 2020. Já Caruso et al 2020, defendem que esta técnica pode também solucionar mordidas abertas anteriores com apinhamento e leve retroinclinação de incisivos inferiores, fazendo com que o tratamento

termine em 3 meses. De acordo com o mesmo autor, um caso com apinhamentos moderados superiores e inferiores e com ausência dos dentes 36 e 16, em que o plano de tratamento incluí a mesialização do 17 e 18 e a distalização dos incisivos, pode ser resolvido com este método. Através da ortodontia facilitada com corticotomia e piezocisão, é possível proporcionar a um individuo com este diagnóstico um tempo de tratamento de apenas 9 meses. Em todos estes casos, a substituição de alinhadores ocorreu a cada 4 dias.

7. Conclusão

Como mencionado anteriormente, têm sido investigados métodos para diminuir o tempo de tratamento, acelerando o movimento ortodôntico nos alinhadores Invisalign®. De acordo com os artigos analisados, a técnica de vibração de baixa frequência é a que suscita mais dúvidas, que apesar de, ter demonstrado bons resultados em alguns dos estudos acima descritos, nos indivíduos analisados por Katchooi et al 2018, o tratamento ortodôntico não se mostrou otimizado. No que se refere aos restantes métodos, estes revelaram ser eficazes em diferentes situações clínicas, permitindo aumentar o movimento dentário em portadores de alinhadores, reduzindo o intervalo de tempo de troca de alinhadores e consequentemente, o tempo de utilização do sistema Invisalign®. Com isto, é possível satisfazer os pacientes, pela possibilidade de utilização de um aparelho estético durante um menor tempo possível. Apesar destes resultados promissores, é necessário ainda mais conhecimento, de forma a se conseguir aplicar todas estas formas de aceleração ortodôntica, assegurando o seu êxito.

8. Referências Bibliográficas

1. Sousa A, Nascimento J, Sousa M, Genari B, Souza A, Degrazia F. Invisible orthodontic aligners: a review. *Res* 2021; 10 (1): e5510111259
2. Vianna V, J Mucha. O posicionamento vertical dos acessórios na montagem do aparelho ortodôntico fixo. *Rev Dent Press Ortodon Ortop Facial* 2006; 11(4): 66-75.
3. Tanaka O. Edward Hartley Angle: o homem, o profissional e o professor. *Rev Clín Pesq Odontol* 2005; 1 (4): 73-76
4. Mortan K. Angle classification revisited 2: A Modified Angle classification. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1992; 102 (3): 277-284
5. Gkantidis N, Christou P, Topouzelis N. The orthodontic-periodontic interrelationship in integrated treatment challenges: a systematic review. *J Oral Rehabil* 2010; 37 (5): 377-90.
6. Dehbi H, Azaroual M, Zaoui F, Halimi A, Benyalia H. Efficacite therapeutique des attaches autoligaturantes: revue systematique. *Int Orthod* 2017; 15 (3): 297-311.
7. Srivastava R, Jyoti B, Kushwaha S, Shastri A. Sequential Removal Orthodontics: An Alternative Approach. *IJCMSR* 2017;2(1):32-36.
8. Yunyan K, Yanfei Z, Min Z. A comparison of treatment effectiveness between clear aligner and fixed appliance therapies. *BMC Oral Health* 2019; 19(1); 24.
9. Schopf P. Indication for and Frequency of Early Orthodontic Therapy or Interceptive Measures. *J Orofac Orthop* 2003; 64 (3); 186-200.
10. Garde J, Suryavanshi R, Jawale B, Deshmukh V, Dadhe D, Suryavanshi M. An epidemiological study to know the prevalence of deleterious oral habits among 6 to 12 years old children. *J Int Oral Health* 2014; 6(1):39–43.
11. Ramires R, El´Saman C, Rahal A, Ferreira V. Tongue crib: speech pathology and orthodontic/facial orthopedic view. *Rev CEFAC* 2006; 8(1): 56-60
12. Budhiawan M, Krisnawati K. The use of lip bumper to overcome lower lip sucking habit. *J Dent* 2010; 22(1):64-68
13. Solomon M, Inglês J, Magness W, McKee C. Long-Term Stability of Lip Bumper Therapy Followed by Fixed Appliances. *Angle Orthod* 2006; 76 (1): 36-42.
14. Prakash P, Durgesh BH. Anterior Crossbite Correction in Early Mixed Dentition Period Using Catlan’s Appliance: A Case Report. *ISRN Dent* 2011; 1–5.

15. Abraham KK, James AR, Thottumkal E, Emmatty T. Correction of anterior crossbite using modified transparent aligners: An esthetic approach. *Contemp Clin Dent* 2016;7(3):394.
16. Locks A, Weissheimer A, Ritter D, Ribeiro G, Menezes L, Derech C, Rocha R. Posterior crossbite: a more didactic classification. *Rev. Dent. Press Ortodon. Ortop. Facial* 2008; 13(2)
17. Pinho T. A Ortodontia Intercetiva nas Deformidades Dento-Maxilares. *Nascer Crescer* 2011;20(3):192-196.
18. Figueiredo M, Siqueira D, Bommarito S, Scanavini M. Tratamento Precoce da Mordida Cruzada Posterior com o Quadrihélice de Encaixe. *Rev Clín Ortod Dental Press* 2007; 5 (6)
19. Façanha A, Tulio L, Garib Daniela, Filho O. Transverse effect of Haas and Hyrax appliances on the upper dental arch in patients with unilateral complete cleft lip and palate: A comparative study. *Dental Press J Orthod* 2014; 19 (2): 39-45
20. Almeida A, Souki B, Lima I, Figueiredo D. Brodie Bite: interceptive and corrective approach of a challenging malocclusion - case report. *Orthod Sci Pract* 2012; 5(20):532-8.
21. Almeida A, Mazzeiro E, Pereira T, Souki B, Viana C. Skeletal Open Bite Associated to Thumb Sucking: Diagnosis and Treatment Case Report. *J Bras Ortodon Ortop Facial* 2002 Dec; 7 (42):448-454.
22. Pinho T. Early treatment of scissor-bite. *J Clin Orthod* 2011 Sep; 45(9):498-506.
23. Abbing A, Koretsi V, Eliades T, Papageorgiou S. Duration of orthodontic treatment with fixed appliances in adolescents and adults: a systematic review with meta-analysis. *Progress in Orthodontics* 2020; 21(1):37
24. Subramani K, Ahmed W. *Nanobiomaterials in Clinical Dentistry*. (2013). Cap 13. 2º Ed. Elsevier.
25. Wang Q, Ma J, Wang B, Zhang X, Yin Y, Bai H. Alterations of the oral microbiome in patients treated with the Invisalign system or with fixed appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2019; 156(5):633-640
26. Cantekin K, Celikoglu M, Karadas M, Yildirim H, Erdem A. Effects of orthodontic treatment with fixed appliances on oral health status: A comprehensive study. *J Dent Sci* 2011; 6 (4): 235-238

27. Carter L, Geldenhuys M, Moyniban P, Slater D, Exley C, Rolland S. The impact of orthodontic appliances on eating- young people's views and experiences. *J Orthod* 2015; 42 (2): 114-22.
28. Freedman G. *Contemporary Esthetic Dentistry* (2012). Cap 29. 1º Ed Elsevier.
29. Papageorgiou S, Koletsi D, Iliadi A, Peltomaki T, Eliades T. Treatment outcome with orthodontic aligners and fixed appliances: a systematic review with meta-analyses. *Eur J Orthod* 2020; 42 (3): 331-343
30. Hennessy J, Al- Awadhi. Clear aligners generations and orthodontic tooth movement. *J Orthod* 2016; 43 (1): 68-76.
31. Weir T. Clear aligners in orthodontic treatment *Australian Dental Journal* 2017; 62 (1): 58-62
32. Neves C, Coutinho I, Ferreira E, Coutinho T, Miranda S. Sistema invisalign®: uma alternativa ortodôntica estética. *Rev Pós* 2012; 6:314-21.
33. Gandia C, Tabbaa S, Al-Jewair T. Effects of Invisalign ® treatment on speech articulation. *Int Orthod* 2019;17(3):513-518.
34. Flores C. Clear Aligner Therapy Might Provide a Better Oral Health Environment for Orthodontic Treatment Among Patients at Increased Periodontal Risk. *J Evid Based Dent Pract* 2019;19(2):198-199.
35. Nimeri G, Kau C, Abou-Kheir N, Corona R. Acceleration of tooth movement during orthodontic treatment - a frontier in Orthodontics. *Prog Orthod* 2013; 14 (1): 42
36. Miles P. Accelerated orthodontic treatment - what's the evidence? *Aust Dent J* 2017; 62 (1): 63-70.
37. Yi J, Xiao J, Li H, Li X, Zhao Z. Effectiveness of adjunctive interventions for accelerating orthodontic tooth movement: a systematic review of systematic reviews. *J Oral Rehabil* 2017; 44 (8): 636-654.
38. Li Y, Chen X, Tang Z, Tan J, Wang D, Dong Q. Differences in accelerated tooth movement promoted by recombinant human parathyroid hormone after mandibular ramus osteotomy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2019; 155 (5): 670-680.
39. Motoji H, To M, Hidaka K, Matsuo M. Vitamin C and eggshell membrane facilitate orthodontic tooth movement and induce histological changes in the periodontal tissue. *J Oral Biosci* 2020; 62 (1): 80-87

40. Arqub S, Gandhi V, Iverson M, Ahmed M, Kuo C, Mu J, Dutra E, Uribe F. The effect of the local administration of biological substances on the rate of orthodontic tooth movement: a systematic review of human studies. *Prog Orthod* 2021; 22 (1): 5.
41. Almoammar K. Vitamin D and orthodontics: an insight review. *Clin Cosmet Investig Dent* 2018; 10: 165-170.
42. Bakathir M, Linjawi A, Omar S, Aboqura A, Hassan A. Effects of nicotine on bone during orthodontic tooth movement in male rats. Histological and immunohistochemical study *Saudi Med J* 2016;37(10):1127-35
43. Kolahi J, Abrishami M, Davidovitch Z. Microfabricated biocatalytic fuel cells: A new approach to accelerating the orthodontic tooth movement. *Med. Hypotheses* 2009; 73 (3): 340-1.
44. Cordeiro J, Sahad M, Cavalcanti M, Marcos R, Diomede F, Trubiani O, Durvanei M, Leal-Junior E, Frigo L. Laser Photobiomodulation Over Teeth Subjected to Orthodontic Movement. *Photomed Laser Surg* 2018; 36 (12): 647-652.
45. Nayyer N, Tripathi T, Rai P, Gopal R. Effect of photobiomodulation on external root resorption during orthodontic tooth movement—a scoping review. *J Lasers Med Sci* 2019;3(4):219–26.
46. Shaughnessy T, Kantarci A, Kau Chung, Skrenes D, Skrenes S, Ma D. Intraoral photobiomodulation-induced orthodontic tooth alignment: a preliminary study. *BMC Oral Health* 2016; 16: 3.
47. AlShahrani I, Togoo R, Hosmani J, Alhaizaey A. Photobiomodulation in Acceleration of Orthodontic Tooth Movement: A Systematic Review and Meta analysis. *Complement Ther Med* 2019; 47: 102220.
48. Feller L, Khammissa R, Siebold A, Hugo A, Lemmer J. Biological events related to corticotomy-facilitated orthodontics. *J Int Med Res* 2019; 47 (7): 2856-2864.
49. Lee W. Corticotomy for orthodontic tooth movement. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg*. Dezembro 2018; 44 (6): 251–258
50. Abbas N, Sabet N, Hassan I. Evaluation of corticotomy-facilitated orthodontics and piezocision in rapid canine retraction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2016; 149 (4): 473-80.
51. Takano-Yamamoto T, Sasaki K, Fatemeh G, Fukunaga T, Seiryu M, Daimaruya T, Takeshita N, Kamioka H, Adachi T, Ida H, Mayama A. Synergistic acceleration of

- experimental tooth movement by supplementary high-frequency vibration applied with a static force in rats. *Sci Rep* 2017; 7 (1): 13969
52. Uribe F, Dutra E, Chandhoke T. Effect of cyclical forces on orthodontic tooth movement, from animals to humans. *Orthod Craniofac Res* 2017; 20(1): 68-71.
53. Lombardo L, Arreghini A, Ghislanzoni L, Siciliani G. Accelerating aligner treatment using lowfrequency vibration: a single-centre, randomized controlled clinical trial. *Eur J Orthod* 2018; 41 (4): 434-443
54. Shipley T, Farouk K, El-Bialy T. Effect of high-frequency vibration on orthodontic tooth movement and bone density. *J Orthod Sci* 2019; 8:15.
55. Reiss S, Chouinard M, Landa D, Nanda R, Chandkoke T, Sobue T, Allareddy V, Kuo C, Mu J, Uribe F. Biomarkers of orthodontic tooth movement with fixed appliances and vibration appliance therapy: a pilot study. *Eur J Orthod* 2020; 42 (4): 378-386.
56. Alikhani M, Alansari S, Hamidaddin M, Sangsuwon C, Alyami B, Thirumoorthy S, Oliveira S, Nervina J, Teixeira C. Vibration paradox in orthodontics: Anabolic and catabolic effects. *PLoS One* 2018; 13 (5): e0196540
57. Shipley T. Effects of High Frequency Acceleration Device on Aligner Treatment—A Pilot Study. *Dent J* 2018; 6 (3): 32
58. Ojima K, Dan C, Kumagai Y, Schupp W. Invisalign Treatment Accelerated by Photobiomodulation. *J Clin Orthod* 2016; 50(5):309-17
59. Ojima K, Dan C, Watanebe H, Kumagai Y, Nanda R. Accelerated Extraction Treatment with the Invisalign System and Photobiomodulation. *J Clin Orthod* 2020; 54 (3): 151-158.
60. Ojima K, Dan C, Watanabe H, Kumagai Y. Upper molar distalization with Invisalign treatment accelerated by photobiomodulation. *J Clin Orthod* 2018;52(12):675-683.
61. Dickerson T. Invisalign with Photobiomodulation: Optimizing Tooth Movement and Treatment Efficacy with a Novel Self-Assessment Algorithm. *J Clin Orthod* 2017; 51 (3): 157-165.
62. Ojima K, Dan C, Nishiyama R, Ohtsuka S, Schupp W. Accelerated extraction treatment with Invisalign. *J Clin Orthod* 2014;48(8):487-99.
63. Orton-Gibbs S, Kim N. Clinical experience with the use use of pulsatile forces to accelerate treatment. *J Clin Orthod* 2015;49(9):557-73.

64. Katchooi M, Cohanim B, Tai S, Bayirli B, Spiekerman C, Huang G. Effect of supplemental vibration on orthodontic treatment with aligners: A randomized trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2018; 153 (3): 336-346.
65. Alansari S, Atique M, Gomez J, Hamidaddin M, Thirumoorthy S, Sangsuwon C, Khoo E, Nervina J. The effects of brief daily vibration on clear aligner orthodontic treatment. *J World Fed Orthod.*2018; 7 (4):134-140
66. Hannequin R, Ouadi E, Racy E, Moreau N. Clinical follow-up of corticotomy-accelerated Invisalign orthodontic treatment with Dental Monitoring. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2020; 158(6):878-888.
67. Caruso S, Darvizeh A, Zema S, Gatto R, Nota A. Management of a Facilitated Aesthetic Orthodontic Treatment with Clear Aligners and Minimally Invasive Corticotomy. *Dent J* 2020; 15;8(1):19.